



UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID

INGENIERÍA TÉCNICA EN INFORMÁTICA DE GESTIÓN

PROYECTO FIN DE CARRERA

**Localización de armas de fuego ligeras mediante
Galileo, el futuro sistema global de
navegación por satélite**

Autor: José Antonio Cuenca Espinosa

Tutor: Benjamín Ramos Álvarez

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento:

A mi madre, que me falta en esta etapa final de mi vida universitaria pero sin cuya dedicación no habría sido posible llegar hasta aquí

A mi familia por todo el apoyo y cariño que me brindan día a día

A mi tutor, Benjamín, por su ayuda y entrega en los momentos de dificultad

A todos mis compañeros que me han acompañado en mi vida laboral pasada y presente

A todo el equipo del SERI de la UC3M

A mis amigos que siguen conmigo día a día

Este documento es una continuación del PFC realizado por José Carlos Soto Gámez en el año 2006 con el título "GALILEO, el futuro sistema global de navegación por satélite, y el desarrollo del m-Commerce".

En este trabajo se pretende reflejar, en una primera parte, el progreso vivido en el desarrollo del nuevo Sistema Global de Navegación por Satélite, GALILEO, llevado a cabo por la Comisión Europea mediante la Dirección General de Transportes y Energía.

Del mismo modo, se detallará a continuación de forma teórica una nueva aplicación que podría surgir a partir de las características únicas de GALILEO con respecto al resto de sistemas GNSS en funcionamiento o en desarrollo. En concreto, se estudia cómo sería posible diseñar un sistema receptor de señales GALILEO que vaya insertado en las armas de fuego ligeras con el objetivo de guardar datos relevantes sobre su posición y uso de modo que pueda servir a los cuerpos de seguridad de cada país de la UE y al cuerpo policial de analistas de datos EUROPOL. Así, se lograrían facilitar enormemente las investigaciones, obtener pruebas judiciales y prevenir situaciones de peligro para las personas.

Índice

Índice de figuras	3
Índice de tablas	5
Capítulo 1 Introducción.....	7
1.1 Motivaciones	7
1.2 Objetivos	9
1.3 Estructura de la memoria.....	11
Capítulo 2 Estado de la cuestión.....	13
2.1 Breve descripción de las tecnologías GNSS	13
2.2 Sistemas GNSS existentes o en desarrollo	15
2.3 El Sistema GALILEO	17
2.3.1 Características de GALILEO	18
2.3.2 Infraestructura existente de GALILEO.....	20
2.3.3 Plazos y participantes en el proyecto.....	23
2.3.4 EGNOS, Sistema de Aumentación Basado en Satélites de Europa ..	26
2.4 Ventajas de GALILEO frente a otros sistemas GNSS.....	28
2.5 Servicios que ofrecerá GALILEO	31
2.6 Características de las señales.....	33
2.7 Dispositivos receptores de GALILEO	34
2.8 Instituciones europeas involucradas en el desarrollo de GALILEO.....	35
2.9 El papel español en GALILEO.....	36
2.9.1 Análisis de las empresas españolas implicadas.....	37
2.9.1.1 Hispasat.....	37
2.9.1.2 AENA	40
2.9.1.3 EADSCASA.....	40
2.9.1.4 GMV.....	42
2.9.1.5 AlcatelAlenia	43
2.9.1.6 Indra.....	44
2.9.1.7 Sener.....	44
2.9.2 Aportaciones al programa Galileo Masters.....	45
Capítulo 3 Armas de fuego: funcionamiento y legislación.....	47
3.1 Definición de arma de fuego	47
3.2 Tipos de armas de fuego.....	47
3.3 Definición de las armas de fuego ligeras	49
3.4 Países productores de armas de fuego.....	49
3.5 Partes y funcionamiento de las armas de fuego.....	50
3.6 Legislaciones relativas a las armas de fuego	51
3.6.1 Legislación relativa a la exportación	51
3.6.1.1 Legislación relativa a la exportación a nivel mundial	51
3.6.1.2 Legislación relativa a la exportación a nivel europeo	52
3.6.1.3 Legislación relativa a la exportación a nivel nacional.....	53
3.6.2 Legislación relativa a la numeración de las armas de fuego y municiones	54
3.7 Numeración de armas de fuego y municiones en España	56

3.8	Organismos competentes en materia de armamento en la Unión Europea	57
3.8.1	Eurojust	58
3.8.2	Europol.....	59
3.8.3	Cepol.....	59
3.9	Hacia una legislación común de la UE en materia de defensa	61
3.10	Control de fronteras	65
3.11	Estudio de la evolución del mercado de la seguridad en la UE.....	66
3.11.1	Nuevos sectores en el mercado de la seguridad	66
3.11.2	Evaluación de la competitividad de determinados segmentos de la industria de seguridad de la UE	67
3.11.3	Factores determinantes de los cambios en el mercado de la seguridad.....	69
Capítulo 4	Tecnología y funcionamiento del sistema propuesto	71
4.1	Análisis de las posibles tecnologías a emplear	71
4.1.1	Baterías: Tecnología actual.....	72
4.1.2	Baterías basadas en nanotubos de carbono	72
4.1.2.1	Propiedades eléctricas de los nanotubos de carbono	74
4.1.2.2	Propiedades mecánicas de los nanotubos de carbono	75
4.1.2.3	Propiedades térmicas de los nanotubos de carbono	75
4.1.2.4	Proceso productivo de los nanotubos de carbono	75
4.1.2.5	Fabricación de chips mediante nanotubos de carbono	76
4.1.3	Baterías betavoltáicas	77
4.1.4	Antenas: tecnología actual	78
4.1.5	Antenas fractales	79
4.1.6	Antenas basadas en nanotubos de carbono	81
4.2	Emplazamiento de los elementos en el arma.....	82
4.3	Retos tecnológicos a superar	83
4.4	Funcionamiento del sistema propuesto	84
4.4.1	Uso del servicio PRS	84
4.4.2	Resumen del funcionamiento del sistema.....	85
4.4.2.1	Localización de armas en ámbitos inadecuados.....	85
4.4.2.2	Seguimiento de armas.....	86
4.4.2.3	Seguimiento durante el almacenaje	87
4.4.2.4	Seguimiento de armas específicas	88
4.4.2.5	Registro de disparos	89
4.4.2.6	Resumen de la estructura de la base de datos	89
4.4.3	Ventajas del sistema propuesto	91
4.4.4	Desventajas del sistema propuesto	94
4.5	Aplicaciones a otras armas: minas y polvorines.....	95
	Conclusiones.....	96
	Trabajos futuros.....	99
	Presupuesto.....	100
	Apéndice I. Siglas	101
	Referencias	105

Índice de figuras

Figura 1: Hachas del paleolítico	- 8 -
Figura 2: Principio de triangulación	- 14 -
Figura 3: Planos orbitales del sistema de satélites de GALILEO.....	- 17 -
Figura 4: Reloj Máster de Hidrógeno	- 19 -
Figura 5: El satélite GIOVEA en el momento de su lanzamiento	- 20 -
Figura 6: GIOVEA en órbita	- 20 -
Figura 7: GIOVEB.....	- 21 -
Figura 8: El satélite GIOVEB en órbita	- 21 -
Figura 9: Primeras señales emitidas por GIOVEB	- 22 -
Figura 10: Ejemplo de las dos últimas líneas de texto recopiladas de GIOVEA y GIOVEB a 02032009	- 22 -
Figura 11: Satélite INMARSAT3	- 27 -
Figura 12: Sector terrestre de EGNOS.....	- 28 -
Figura 13: Ejemplo de uso del Servicio Abierto para cálculo de rutas óptimas para automóviles	- 31 -
Figura 14: Avión aterrizando, ejemplo de uso previsto para el Servicio para Aplicaciones Críticas	- 32 -
Figura 15: Rescate marítimo, el SaR será el sustituto del actual servicio de rescate	- 33 -
Figura 16: 15ab Receiver Novatel, primer receptor compatible con GPS y GALILEO ..	- 35 -
Figura 17: Distribución del capital de Galileo Industries	- 37 -
Figura 18: Distribución de la participación en Hispasat, S.A.	- 38 -
Figura 19: Ingresos, EBITDA y EBIT de EADSCASA para el ejercicio 2008	- 41 -
Figura 20: División del capital de Indra.....	- 44 -
Figura 21: Número estimado de armas de fuego ligeras en el mundo (en millones)	- 48 -
Figura 22: Logotipo de Eurojust.....	- 58 -
Figura 23: Logotipo de Europol	- 59 -
Figura 24: Logotipo de CEPOL.....	- 60 -
Figura 25: Logotipo de FRONTEX	- 65 -
Figura 26: Volumen de mercado de los distintos sectores de la industria de la seguridad según su desarrollo en al ámbito privado y/o público (fuente: ECORYS)	- 68 -
Figura 27: Batería de Ión Litio	- 72 -
Figura 28: Estructura de un nanotubo de carbono	- 73 -
Figura 29: Registro de memoria tridimensional de nanotubos de carbono.....	- 76 -
Figura 30: Batería betavoltáica.....	- 77 -
Figura 31: Diferentes tipos de antenas actuales.....	- 78 -
Figura 32: Peine de Cantor en su tercera iteración.	- 79 -
Figura 33: Triángulo de Sierpinsky	- 80 -
Figura 34: Copo de Koch	- 80 -
Figura 35: Antena fractal en un dispositivo de telefonía móvil	- 81 -
Figura 36: Antena fractal sobre una superficie curva	- 81 -
Figura 37: Pruebas intervenidas a cazadores furtivos (Fuente: Guardia Civil).....	- 92 -
Figura 38: Zulo terrorista dedicado al almacenaje de armas de fuego (Fuente: El Correo Digital)	- 92 -

Índice de tablas

Tabla 1: Características de los satélites operativos existentes de GALILEO	- 23 -
Tabla 2: Presupuesto destinado a GALILEO y previsto para los próximos años	- 24 -
Tabla 3: Resumen del plan de implementación de GALILEO.....	- 25 -
Tabla 4: Características de los satélites INMARSAT3.....	- 27 -
Tabla 5: Tipos de señales ofrecidas por GALILEO y sus características	- 34 -
Tabla 6: Países embargados por Naciones Unidas, la UE y la OSCE	- 53 -
Tabla 7: Tipos de nanotubos y aplicaciones futuras (Fuente: Oficina de Transferencia de Resultados de Investigación Subdirección General de Relaciones Institucionales y Política Comercial – Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial)	- 74 -
Tabla 8: Costes de empleo de personal	- 100 -
Tabla 9: Costes operacionales	- 100 -

Capítulo 1

Introducción

1.1 Motivaciones

Desde el inicio de su existencia la humanidad ha desarrollado una tecnología armamentística motivada en sus orígenes por la necesidad de supervivencia de la especie, al usar estos ingenios para la caza, actividad fundamental para su supervivencia. Hay que destacar que estos inventos son incluso anteriores a la llegada de la especie humana que puebla en la actualidad la Tierra, el Homo Sapiens Sapiens. Incluso podría decirse que sin estas herramientas con las que conseguir alimentos durante la prehistoria, posiblemente la especie humana se habría extinguido hace millones de años. Por todo ello, podemos asegurar que la tecnología armamentística es la más antigua creada por el ser humano.

Para establecer el origen de las armas nos situamos directamente en el paleolítico bajo, época en la que apareció el ser humano aproximadamente en el 10.000 a.C, mediante dos especies, el Homo Antecessor y el Homo Heidelbergensis. La supervivencia de estas tribus nómadas se logró fundamentalmente gracias al conocimiento y manejo del fuego y la caza, y se sabe que dentro de esta última actividad ya fabricaban hachas de piedra.

Con el paso del tiempo la historia nos sitúa en el paleolítico medio, donde aparece el Homo Neanderthal. Esta especie comienza la fabricación de puntas de flechas en piedra, aunque el salto más significativo se da en el paleolítico superior, con la evolución al Homo

Sapiens Sapiens. En sus inicios una importante mejoría en la producción de armas se debe a la diversificación de los materiales y las técnicas de fabricación que se produjeron en la edad de los metales.



Figura 1: Hachas del paleolítico

Sin embargo, ligado también desde los albores de la humanidad a las armas está su uso para dominar a otros pueblos: la guerra está considerada como la más vieja de las relaciones internacionales. Durante toda la historia los imperios más importantes se han desarrollado y mantenido gracias a su superioridad tecnológica en este campo. Este hecho y la naturaleza de guerras a escala planetaria, como la Segunda Guerra Mundial, han propiciado la perfección de estos mecanismos en cuanto a materiales, precisión, poder destructor y su producción en masa para atender a la enorme demanda que se requiere de estos dispositivos.

Dentro de la historia de la tecnología militar un importante hito fue la construcción y puesta en marcha de los satélites artificiales de comunicación. En este mismo contexto las grandes potencias, en este caso EE.UU. y la URSS, entre otras, se embarcaron en el desarrollo de sistemas globales de posicionamiento por satélite para que les propiciase una ventaja ante la percepción de guerra inminente entre ambas potencias que se vivía durante la llamada Guerra Fría. Así surgieron GPS y GLONASS, sistemas amparados por los gobiernos de las que eran las potencias más importantes por aquel entonces. Con estos sistemas se logra detectar la posición de un objeto sobre la superficie de la Tierra con una gran precisión.

Una de las aplicaciones de estos inventos es su uso en intervenciones militares tales como el guiado de misiles hacia el objetivo durante los bombardeos, la localización de tropas, barcos de guerra y un largo etcétera.

En la actualidad los conflictos bélicos exigen nuevas soluciones. El caso más reciente lo encontramos en la reciente guerra de Afganistán. En la actualidad este país cuenta con una fuerza militar dirigida por la coalición OTAN-ISAF en la que participan Afganistán, Estados Unidos, Reino Unido, Alemania, España y 40 naciones más. En este nuevo contexto bélico se obliga al ejército de la coalición a permanecer en un país que no está de forma oficial en guerra y en el que el enemigo contra el que se combate son los terroristas que conviven con la población civil. En este tipo de misiones se busca no herir a

la población civil, por lo que se requiere de una enorme planificación y precisión durante su desarrollo, que serían imposibles sin los sistemas de localización por satélite.

A partir de los acontecimientos del 11 de septiembre de 2001 en New York el terrorismo adquirió una dimensión global, convirtiéndose en el objetivo fundamental a combatir por cada nación democrática. En este sentido, se adquirió una mayor conciencia de la importancia de impedir que las armas lleguen de forma tan fácil a los terroristas como hasta ese momento, aunque la importancia económica ligada a su fabricación está haciendo que este control internacional se esté forjando de forma muy lenta.

Dentro de este contexto histórico uno de los principales proyectos que está impulsando la UE es el sistema de posicionamiento global GALILEO. La enorme inversión que está realizando la Unión y los países asociados nos obliga a buscar nuevas aplicaciones que ayuden a amortizar en mayor medida este desembolso, aprovechando las características que lo hacen único con respecto a sus competidores que ya funcionan o que llegarán en el futuro. En base a esta ventaja competitiva que le confiere a Europa, un campo que podría verse muy beneficiado con GALILEO es el de la seguridad, buscando nuevas aplicaciones que permitan el rastreo de las armas para saber su localización exacta y su uso.

1.2 Objetivos

Este trabajo es una continuación del iniciado por José Carlos Soto Gámez en el año 2006 con el título *GALILEO, el futuro sistema global de navegación por satélite, y el desarrollo del m-Commerce*. En este Proyecto Fin de Carrera (PFC) se analizaban las aplicaciones que se le daban por aquel entonces a los Sistemas Globales de Navegación por Satélite, conocidos como GNSS¹, especialmente su uso para el m-commerce², y donde también se mencionaban los futuros usos previstos para GALILEO.

A partir de los datos recopilados en dicho estudio, vamos a analizar los cambios que se han producido en el Proyecto GALILEO, ya que actualmente está dejando de ser una quimera para dar paso a hechos concretos tales como el lanzamiento de los primeros satélites y las pruebas que han realizado con éxito, o la lucha iniciada por los fabricantes de receptores para poner en el mercado aparatos compatibles con GALILEO y GPS de forma simultánea.

La gran inversión que se está realizando en GALILEO y sus objetivos de precisión, seguridad y disponibilidad, obligan a buscar nuevas aplicaciones que aprovechen al máximo sus características.

La tecnología puntera, el nacimiento bajo un marco civil y otros factores que analizaremos en detalle, reportan al Proyecto GALILEO una serie de ventajas sobre la

¹ Constelación de satélites que transmite rangos de señales utilizados para el posicionamiento y localización en cualquier parte del globo terrestre.

² Sistema de compra y venta de productos o de servicios a través del teléfono móvil.

actual referencia mundial de Sistema Global de Navegación por Satélite, el GPS³ estadounidense, que permiten estudiar nuevas aplicaciones para GALILEO no planteadas antes por las limitaciones de los sistemas actualmente operativos.

En este trabajo se propone un modelo de software que gestione automáticamente los datos acerca del uso que se le dé a las armas de fuego ligeras. La entrada de los mismos la proporcionaría la tecnología de localización GALILEO mediante la incorporación de un localizador en cada arma. Con los datos recogidos, el programa informático deberá ser capaz de alertar de si se produce una situación de emergencia que requiera avisar a algún colectivo como las fuerzas de seguridad o emergencia de un país para que actúe en consecuencia.

Investigaciones fructíferas de prestigiosas instituciones como el Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT) han desarrollado a lo largo de diez años tecnologías como los nanotubos de carbono que permiten la conducción y almacenaje de energía eléctrica. Este tipo de innovaciones pueden ser el detonante para la creación de tecnologías baratas y que producirían enormes beneficios económicos y sociales.

Recientemente IBM ha desarrollado con éxito una calculadora mediante un circuito electrónico basado en esta tecnología gracias a una innovadora técnica de producción. Nos encontramos, además, ante un ingenio con memoria, por lo que está cada vez más cerca la irrupción de circuitos microscópicos.

Aparte de la electrónica hay muchos otros sectores interesados en los nanotubos de carbono, como el sector del automóvil por las mejoras que se cree introducirá esta tecnología en el mercado de los motores para coches eléctricos.

Otros ingenios que pueden servir de pilar fundamental para el desarrollo del sistema son las antenas fractales. Como veremos en detalle, la geometría fractal es un campo de reciente estudio en las matemáticas pero que ya cuenta con aplicaciones en nuestra vida cotidiana. Los fabricantes han encontrado en la tecnología basada en estos estudios la vía para desarrollar antenas planas que ya se emplean en redes wi-fi o en telefonía móvil. La tendencia de mercado que exige productos electrónicos de pequeño tamaño, baratos y multibanda. Veremos, a su vez, cómo esta tecnología encaja en el proyecto que presentamos.

Por tanto, el trabajo propone unificar una serie de tecnologías que faciliten el desarrollo del sistema propuesto. Para que sea eficaz debe someterse a una exhaustiva investigación y pruebas para lograr implementar el sistema, asegurando su fiabilidad e imposibilidad de manipulación malintencionada, y se insta a que dicho proceso empiece cuanto antes.

Las inversiones ya realizadas, que incluyen el lanzamiento de los satélites de prueba, alejan cada vez más la posibilidad de que el proyecto sea cancelado aunque sufra retrasos. Por ello, este Proyecto Fin de Carrera propone que se empiecen a investigar con

³ Su nombre correcto es NAVSTAR GPS.

las tecnologías propuestas para permitir desarrollar el sistema de localización de armas de fuego ligeras mediante GALILEO.

1.3 Estructura de la memoria

El desarrollo del documento parte del trabajo de José Carlos Soto Gámez antes mencionado donde se exponen las bases técnicas de GALILEO y el marco legal en el que se enmarca.

A partir de esa información se continúa profundizando en los sistemas GNSS, haciendo un seguimiento del estado de desarrollo actual, y muy especialmente en el de GALILEO.

Debido a que se requiere del conocimiento de otras tecnologías como la mecánica empleada en armas de fuego cortas, también se provee de una breve explicación de su funcionamiento y de las tecnologías futuras aplicables a localizadores GNSS.

El documento se compone de los siguientes capítulos:

- ***Estado de la cuestión:*** Se exponen unos conceptos globales relativos a los Sistemas Globales de Navegación por Satélite y los nuevos surgidos desde 2006 hasta la actualidad. Se profundiza en el Sistema GALILEO, destacando cuál es el estado actual de su desarrollo y las previsiones de futuro, así como de los servicios que ofrecerá y que le reportan una serie de ventajas tecnológicas interesantes con respecto a sus competidores.
- ***Armas de fuego: funcionamiento y legislación:*** Este apartado analiza cuáles son las diferentes armas que existen para profundizar después en las armas de fuego ligeras y en su funcionamiento. A continuación, se expone el marco legal vigente que atañe a su numeración para la identificación unívoca de la misma y los países productores de armamento de fuego, centrándose de forma especial en los acuerdos y la política de la Unión Europea, así como en los organismos de la misma con competencias en materia de seguridad y control de fronteras.
- ***Tecnología y funcionamiento del sistema propuesto:*** Este capítulo expone, en primer lugar, un análisis de las tecnologías que en la actualidad se emplean de forma masiva tanto para la fabricación de baterías como de antenas y cuál es la tendencia de futuro a corto y medio plazo y de cómo estos avances pueden ser usados en nuestro propósito de desarrollar un sistema que tenga localizadas las armas de fuego ligeras. Por último, analizaremos cómo funcionaría esta propuesta basándonos en las tecnologías y mejoras expuestas en los capítulos anteriores, analizando cómo podría implantarse un receptor GALILEO en un arma de fuego y el tratamiento de los datos que se recojan, para concluir con la exposición de las ventajas e inconvenientes que supondría la entrada en funcionamiento de dicho sistema.

Capítulo 2

Estado de la cuestión

Para comprender el sistema GALILEO expondremos el funcionamiento genérico de los sistemas GNSS y aquellos que existen o están en fase de desarrollo. Con este conocimiento podremos profundizar posteriormente en el caso específico de GALILEO, con su infraestructura existente y actualmente operativa, las ventajas respecto a sus competidores, los servicios que ofrecerá y el modo de financiación del sistema.

2.1 Breve descripción de las tecnologías GNSS

El Proyecto GALILEO es un sistema de posicionamiento global por satélite o GNSS similar al GPS estadounidense. Esta tecnología se emplea para localizar mediante un receptor la latitud, longitud y altura de un elemento en cualquier punto de la superficie terrestre, marítima o en vuelo. Para ello se emplea una serie de satélites en órbita que envían señales de radiofrecuencia y equipos receptores que calculan la distancia a varios de esos satélites para establecer su posición exacta en la Tierra.

Para conocer el lugar en el que está un receptor, estos sistemas se basan en la ecuación matemática de la velocidad que sostiene que ésta es igual al espacio recorrido por

unidad de tiempo. La velocidad es conocida ya que se trata de señales de radio que viajan a la velocidad de la luz (299.792.458 m/s en el vacío). Si se averigua el tiempo que tarda la señal en llegar del satélite al receptor sabremos la distancia al despejar este valor de la anterior ecuación.

Pero el cálculo de estos parámetros a un sólo satélite no sirve por sí mismo: para establecer el punto donde se encuentra un objeto en la superficie terrestre se emplea el principio matemático de triangulación. Mediante la medición de la distancia de un receptor al satélite se obtiene una circunferencia cuyo radio coincidirá con dicha distancia y cuya superficie constituyen los posibles puntos donde se encuentra el objeto. La medida de otras dos distancias provocará otras dos circunferencias de similares características, y los puntos del área común de las tres circunferencias serán los lugares donde puede encontrarse el receptor.

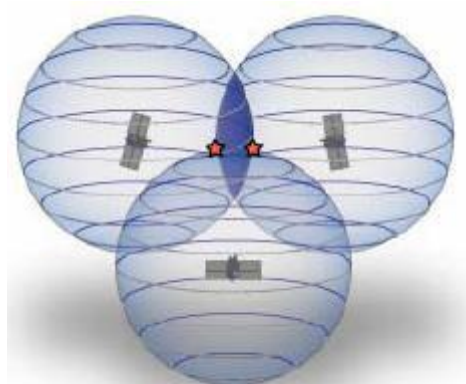


Figura 2: Principio de triangulación

Normalmente uno de los puntos puede descartarse fácilmente por ser un dato anormal, por lo que ya se tiene un único punto exacto. Si el objeto se encuentra en el aire, como un avión, se necesita de un cuarto satélite para precisar la altura.

Por otro lado, para la estimación del tiempo que tarda la onda en llegar de un satélite al receptor se hace imprescindible el uso de relojes muy precisos que deben estar sincronizados. Esto se logra calculando el tiempo de retardo, que será el tiempo de viaje de la señal. Sincronizar satélite y receptor significa, por tanto, retrasar el envío de la señal del receptor tanto como tarde la señal en llegar a la Tierra.

Las señales transmiten dos tipos de datos.

- El primero de ellos es un **código pseudoaleatorio**, que consiste en una secuencia muy compleja de bits que permite la comunicación del receptor con los satélites y no con otra señal ajena al sistema. Además, cada satélite cuenta con su propio código para su detección de forma unívoca y permitiendo transmitir en la misma frecuencia a todos ellos sin interferir entre sí. Por otro lado, también permite amplificar la señal de forma económica al tratarse de un flujo de bits, evitando por tanto la necesidad de grandes antenas.

- El otro tipo de dato es el relativo a las *correcciones de errores en las órbitas* que siguen los satélites. Los sistemas GNSS emplean órbitas muy estables que permiten predecir dónde estará un satélite en cualquier instante de tiempo ya que viajan a velocidad constante. Estos datos están contenidos en los receptores.

Sin embargo, hay numerosos factores que pueden producir pequeñas variaciones en la órbita y que deben ser tenidos en cuenta para evitar que el sistema pierda exactitud. Estas variaciones pueden ser debidas a influencias gravitacionales del Sol y de la Luna y por la presión de la radiación solar sobre los satélites. Si se detectan estos casos se envía la información desde los satélites a los receptores para que puedan recalcular sus trayectorias previstas.

2.2 Sistemas GNSS existentes o en desarrollo

- **GPS:** De origen estadounidense y naturaleza militar, permite un uso libre y gratuito. Inicialmente diseñado durante la Guerra Fría para el guiado de misiles y para proveer a los sistemas de navegación de sus flotas la información de sus posiciones actualizadas y precisas.

Comenzó a funcionar de forma totalmente operativa en 1995 y cuenta con 27 satélites en órbita media, a 20200 kilómetros de altura. Desde 1993 se permite su uso civil. Del total de satélites 24 están operativos y 3 son de respaldo por si alguno de los anteriores falla. Actualmente es el sistema GNSS más usado del mundo, con una precisión en su versión abierta de 100 metros.

GLONASS: Al igual que GPS se fraguó durante la Guerra Fría en la URSS, iniciándose su diseño en 1976, y actualmente depende de Rusia. Consta de una constelación de 24 satélites, 21 en activo y 3 satélites de repuesto en órbita media, a 19100 kilómetros de altura y operativo desde 1995. La precisión de este sistema es de 60 metros.

Es el sistema con una mayor inclinación de sus satélites con respecto al plano del ecuador terrestre. Muchos de sus satélites han sobrepasado su vida útil sin que se hayan reemplazado, hecho que ha facilitado el monopolio global de GPS. Hasta 2007 existía un error de precisión simulado de 30 metros para uso civil, lo que le permite competir con el GPS.

- **GALILEO:** El proyecto GALILEO, diseñado desde su concepción para usos civiles, tiene un costo total aproximado de tres billones de euros. Desarrollado por la Unión Europea y algunos países colaboradores, está previsto que sea el sistema GNSS más preciso y asegurará plena operatividad en prácticamente cualquier circunstancia.

Otros servicios añadidos que ofrecerá son la transmisión en distintos anchos de banda permitiendo emitir datos cifrados en una de ellas o la total compatibilidad con

los sistemas GPS y GLONASS. Tras sucesivos retrasos, está previsto que empiece a operar en 2013, y ya dispone de dos satélites de prueba que transmiten datos con éxito desde su lanzamiento.

- **Beidou:** Este sistema está siendo desarrollado por China. La gran diferencia con el resto de sistemas es que sus satélites se encontrarán en órbita geoestacionarias. La ventaja de este hecho es que el sistema no requiere de una gran constelación de satélites, pero limita su cobertura a los satélites que son visibles.

En total cuenta con cuatro satélites, número mínimo necesario para que funcione un sistema GNSS. Podría entrar en funcionamiento en 2010.

- **COMPASS:** Sistema en desarrollo impulsado también por China y conocido de forma alternativa como Beidou-2. Se tratará de una constelación de 35 satélites para aportar una cobertura global, de los cuales se han lanzado cinco y están operativos cuatro.

Ofrecerá un servicio abierto y otro para uso militar. El primero de estos servicios tendrá una precisión de unos diez metros.

- **IRNSS:** Promovido por el gobierno de India y en fase de desarrollo, consistirá en una red de siete satélites y está concebido para uso militar. La explicación de que use tan pocos satélites radica en que se emplearán órbitas geoestacionarias. Está previsto que comience a estar operativo en 2012.
- **QZSS:** Sistema en fase de desarrollo por Japón y orientado a su uso prácticamente de forma exclusiva en ese país. Las órbitas de los satélites serán altamente elípticas (HEO).
- **DORIS:** De uso civil y cuyo responsable es el gobierno francés. El sistema se emplea para estudios científicos y es el sistema de referencia para orbitografía de precisión:
 - Medir la deriva de continentes.
 - Vigilar el nivel de los océanos.
 - Evaluar las variaciones verticales estacionales del suelo.
 - Calcular con precisión los parámetros de la rotación de la Tierra.
 - Participar en el sistema de referencia internacional.
 - Seguir la posición del centro de gravedad de la Tierra.
- **Transit:** También conocido como NAVSAT, es el sistema estadounidense predecesor del GPS. No puede ser considerado un sistema GNSS debido a que no estaba operativo durante todo el día. Dejó de prestar servicio en 1996.

2.3 El Sistema GALILEO

Para desarrollar un sistema GNSS hay que plantear las siguientes cuestiones generales:

- Número de satélites
- Situación de las órbitas
- Número de planos orbitales

Respondiendo a los puntos anteriores, encontramos que GALILEO contará con:

- **30 satélites:** A partir de esta cifra los sistemas GNSS no tienen una ganancia significativa de precisión, por lo que se considera una cifra adecuada en relación con la relación precisión-coste.

De estos 30 satélites, 27 estarán activos y el resto serán de reserva por si falla alguno de los activos. Su vida estimada es de 12 años para cada uno.

- **Órbitas MEO:** Para todos los satélites se establecen órbitas medias. Son aquellas que se sitúan entre 2.000 Km. de altura y hasta el límite de la órbita geosíncrona o estacionaria de 35.786 Km. También se la conoce como órbita circular intermedia.
- **Tres planos orbitales:** La idoneidad del número de planos orbitales depende directamente de la órbita seleccionada. Para MEO30 el valor elegido por su idoneidad es situar los satélites a lo largo de tres planos orbitales.

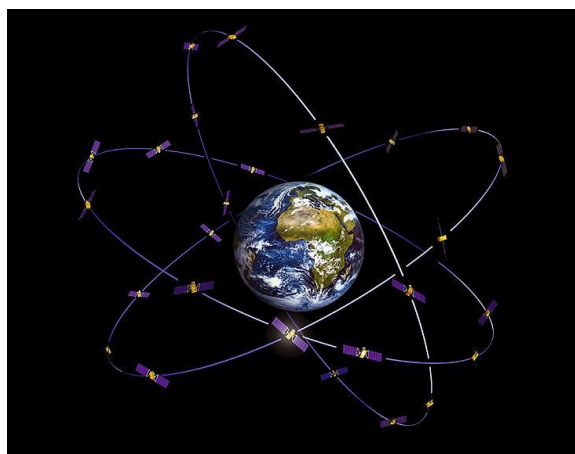


Figura 3: Planos orbitales del sistema de satélites de GALILEO

Los satélites se encontrarán distribuidos a lo largo de los tres planos orbitales en igual número y situados a 23.616 Km. de altura con una inclinación de 56 grados con respecto al ecuador. Los planos orbitales están separados entre sí a 120 grados.

Si se produce un fallo en alguno de los satélites se estudiará una de las dos opciones siguientes:

- Lanzar otro satélite desde la Tierra con un tiempo aproximado de seis meses.
- Emplear uno de los satélites de reserva, cuyo tiempo estimado de puesta en funcionamiento será de una semana.

2.3.1 Características de GALILEO

GALILEO es un sistema global independiente del resto de sistemas GNSS, pero se ha buscado por todos los medios que sea totalmente compatible e interoperable con el resto, sobre todo con GPS.

Este empeño vino motivado, en gran medida, por el rechazo inicial del gobierno estadounidense al desarrollo de GALILEO por considerarlo una amenaza para la supremacía y monopolio a nivel mundial del GPS.

El 25 de enero de 2001 se hizo pública una carta de Paul Wolfowitz, subsecretario de defensa estadounidense, remitida a los ministros de la UE. En ella no se solicitaba directamente el abandono de GALILEO, aunque se advertía de que podía generar interferencias con el GPS, llegando incluso a decir que podría suponer “serios retos y problemas a la alianza OTAN”.

Finalmente, EE.UU. permitió la continuación del proyecto: el 27 de junio de 2004, tras cinco años de negociaciones, se firmó en el castillo Dromoland un acuerdo entre Colin Powell, Secretario de Estado de EE.UU, y la Comisaria Europea de Energía y Transporte de la UE, Loyola de Palacio, para permitir la compatibilidad entre GALILEO y GPS.

Este acuerdo obligó a la UE a modificar el espectro de frecuencias en el que transmitir a otro menos preciso pero más lejano al usado por la versión militar de GPS. Para asegurar la compatibilidad de ambos sistemas GNSS en su modo libre, ambos transmitirán en la misma frecuencia, lo que obliga a coordinar constantemente las señales. Este acuerdo también permite la compatibilidad absoluta entre GPS y GALILEO, por lo que ya hay receptores en el mercado que son capaces de emplear ambos sistemas, según convenga, y también existe un acuerdo de compatibilidad con Rusia para permitir su compatibilidad con GLONASS.

Desde el 8 de mayo de 2000 hasta el 2 de junio del mismo año se llevó a cabo en Estambul la reunión de la WRC⁴, organismo dependiente de la ITU, la Unión Internacional de Telecomunicaciones, que se encarga de la asignación de frecuencias de radio. En dicha conferencia se reservó el espectro de banda donde GALILEO podrá transmitir.

Una de las principales innovaciones tecnológicas que le confieren a GALILEO una mayor precisión es la incorporación de relojes de Rubidio en lugar de los de Cesio que

⁴ Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones.

operan en la infraestructura de GPS y GLONASS. A continuación se describen las características de esta tecnología, que permiten apreciar perfectamente el salto tecnológico de GALILEO con respecto a GPS y GLONASS.

El sistema cuenta con:

- **Los satélites**, que emplean dos pares de relojes redundantes:
 - Un reloj de Rubidio cuyas características son:
 - 3,2 kg de masa y 30 W de potencia.
 - Más pequeño que los relojes de Cesio.
 - Más barato que los relojes de Cesio.
 - Desfase de menos de 10 nanosegundos por día.
 - Sujeto a mayor variación de frecuencia causada por condiciones ambientales.
 - Un reloj de Masa de Hidrógeno pasivo cuyas características son:
 - 18 Kg. de masa y 70 W de potencia.
 - Menos de un nanosegundo por día de desfase.
- **En tierra** GALILEO usa relojes atómicos de Cesio que son menos precisos que los que emplea en órbita.

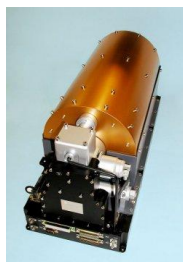


Figura 4: Reloj Máster de Hidrógeno

GALILEO realizará de forma independiente la transmisión de señales suplementarias en diferentes frecuencias. Se emplearán diez radiofrecuencias, distribuidas de la siguiente manera:

- Cuatro frecuencias en el rango de 1164-1215 MHz (E5A-E5B)
- Tres frecuencias en el rango de 1260-1300 MHz (E6)
- Tres frecuencias en el rango de 1559-1591 MHz (L1)

Durante el funcionamiento de GALILEO se transmitirán los siguientes tipos de datos:

- **Datos de misión** (navegación, integridad, y búsqueda y rescate), que serán transmitidos de forma continua e independiente de los datos de Telemetría, Seguimiento y Telecomandos (TTC).
- **Datos de integridad** transmitidos cada segundo para garantizar un tiempo corto de alarma (TTA). Esta característica es una diferencia fundamental con respecto a GPS y GLONASS que no cuentan con estos datos.

2.3.2 Infraestructura existente de GALILEO

Actualmente el Programa GALILEO cuenta con dos satélites puestos en órbita de un total de cuatro que conformarán el período de pruebas previo a la puesta en servicio.

Hasta la actualidad el nombre de cada uno de ellos está formado por la palabra GIOVE seguida de una letra. Esta palabra es un acrónimo de GALILEO (elemento de validación en órbita, IOV) y, a su vez, significa *Júpiter* en italiano, hecho que constituye que este nombre sea un homenaje al astrónomo del siglo XVI Galileo Galilei, el cual descubrió los cuatro satélites naturales de este planeta e indicó que podrían usarse para medir el tiempo de forma universal.

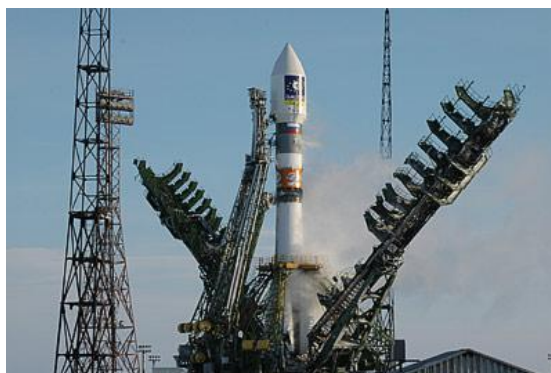


Figura 5: El satélite GIOVE-A en el momento de su lanzamiento

El primero de ellos, el GIOVE-A, fue lanzado a bordo de un cohete ruso Soyuz el 28 de diciembre de 2005 desde el cosmodromo de Baikonur, en Kazajistán. Completó su despliegue en siete horas. Inicialmente estaba previsto que se mantuviese operativo durante 27 meses, pero, a día de hoy, aún sigue funcionando.



Figura 6: GIOVE-A en órbita

GIOVE-A fue desarrollado en dos años por la empresa inglesa SSTL (*Surrey Satellite Technology Limited*) mediante un contrato de 28 millones de euros establecido por la Agencia Europea Espacial en julio de 2003. Su misión ha consistido en validar las tecnologías clave de Galileo y durante los dos últimos años ha estado totalmente operativo durante el 99.8% del tiempo. Cuenta, además, con el reloj atómico más preciso del mundo. La ESA declaró la misión un éxito oficialmente en abril de 2008.

En la actualidad GIOVE-A se encuentra en una órbita muy estable a 23.000 kilómetros de altura.



Figura 7: GIOVE-B

El otro satélite actualmente operativo es el GIOVE-B. Debido a los plazos ajustados con los que contaba la ESA por los retrasos acumulados, su construcción estaba terminada junto con su predecesor por si el primero de los satélites fallaba. Era importante ya que de no efectuarse ningún lanzamiento antes de junio de 2006 el proyecto habría perdido los derechos de emitir en las frecuencias establecidas por la Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU).



Figura 8: El satélite GIOVE-B en órbita

GIOVE-B fue construido por el consorcio europeo GALILEO Industries, sociedad integrada por Alcatel Alenia Space, Astrium y el español GALILEO Sistemas y Servicios. Fue lanzado desde el mismo cosmódromo que su antecesor, siendo el primero en enviar datos muy exactos de posicionamiento para sistemas de localización e incorpora sensores retro-reflectores láser que le permiten determinar la órbita con alta precisión.

Aunque su lanzamiento estaba previsto para abril de 2006 no se llevó a cabo hasta el 25 de abril de 2008, tras dos aplazamientos debidos a problemas con el ordenador de a

bordo. Desde el 7 de mayo de 2008 lleva transmitiendo una señal común de GPS y GALILEO, gracias a que se crearon dos estándares (GPS L1C y GALILEO L1F) que garantizan la compatibilidad de los receptores.

La infraestructura terrestre (GCS) que gestiona los datos de los satélites que participaron en la verificación de la validez de las señales son: el Centro de Control de las instalaciones de Telespazio en Fucino, Italia, el Centro de Proceso de GALILEO de la ESA en el Espacio Europeo de Investigación y Centro de Tecnología ESTEC (Países Bajos), la estación terrestre de la ESA en Redu (Bélgica), y el Laboratorio Rutherford Appleton (RAL) en el Reino Unido.

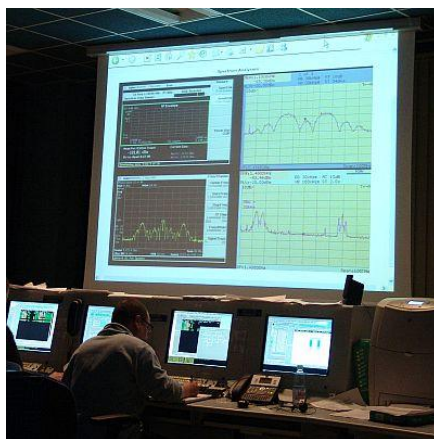


Figura 9: Primeras señales emitidas por GIOVE-B

La Figura 10 muestra parte de las señales recogidas por los satélites de prueba GIOVE-A y GIOVE-B durante el día dos de marzo de 2009:

GIOVE-A								
1	28922U	05051A	09062.36159437	.00000012	00000-0	10000-3	0	4575
2	28922	56.0638	160.1573	0006926	336.3260	23.6631	1.70191091	19765
GIOVE-B								
1	32781U	08020A	09062.09041119	.00000034	00000-0	10000-3	0	1389
2	32781	55.9590	195.0968	0017794	205.7689	154.1092	1.70950606	5314

Figura 10: Ejemplo de las dos últimas líneas de texto recopiladas de GIOVE-A y GIOVE-B a 02-03-2009

GIOVE-A2

El 6 de marzo de 2007 La Agencia Espacial Europea (ESA) anunció el encargo a la británica Surrey Satellite Technology Limited la fabricación del tercer satélite del sistema y de navegación vía satélite GALILEO.

En la Tabla 1 se detallan algunos datos interesantes que comparan las características de los primeros satélites en uso del sistema GNSS de la Unión Europea:

	GIOVE-A	GIOVE-B
Vida estimada	12 años	12 años
COSPAR⁵ ID	0505101	0802001
Código SIC⁶	7001	7002
Código NORAD SSC⁷	28922	32781
Fecha de lanzamiento	28 diciembre 2005	25 abril 2008
Inclinación con respecto al ecuador	56°	56°
Altitud	23.916 Km.	23.916 Km.
Excentricidad⁸	0.002	0.002

Tabla 1: Características de los satélites operativos existentes de GALILEO

2.3.3 Plazos y participantes en el proyecto

La puesta en marcha del sistema europeo de radionavegación por satélite GALILEO consta de cuatro fases:

- Definición (2000-2003)
- Desarrollo (2004-2008)
- Despliegue (2008-2013)
- Explotación: A partir de 2013

Actualmente el proyecto se encuentra en la *fase de despliegue*, y se espera que se dé paso a la explotación en 2013. Durante este período está prevista la puesta en marcha de cuatro satélites más de prueba para alcanzar la plena capacidad operativa (FOC), que es el mínimo número necesario de satélites para garantizar la provisión de hora y posicionamiento exacto.

El presupuesto durante esta fase es de 3.400 millones de euros, los cuales, inicialmente, se esperaba que proviniesen del ámbito privado. El hecho de no haber logrado patrocinadores ha provocado un retraso de más de dos años en el proyecto, y, finalmente, es la UE la que asume la totalidad de los gastos, buscando acuerdos con otros países.

⁵ Organización que agrupa a países e investigadores involucrados en la actividad espacial. Participan directa o indirectamente las principales Agencias Espaciales de los países desarrollados y en desarrollo.

⁶ Sistema de nomenclatura comercial internacional que permite identificar y clasificar todo tipo de actividades comerciales de acuerdo con la estructura económica española.

⁷ Código de cinco dígitos para identificar satélites. Se emplea desde el primer lanzamiento y es unívoco.

⁸ Parámetro que determina el grado de desviación de una sección cónica con respecto a una circunferencia.

Así pues, y tras los últimos acuerdos entra la UE y diferentes gobiernos, en el desarrollo participan en total los siguientes países:

- **Los 28 integrantes de la UE.**
- **China**, en octubre de 2003. Contribuye con 230 millones de Euros durante cinco años, supone una quinta parte del coste de los 30 satélites del sistema.
- **Rusia**, en noviembre de 2003 propone una alianza tecnológica a la UE para combatir el monopolio del GPS.
- **EE.UU.**, en junio de 2004. Firma de acuerdo para permitir la compatibilidad entre GALILEO y GPS.
- **Israel**, en julio de 2004, cuyo acuerdo contempla:
 - La extensión del Sistema Europeo EGNOS⁹ para dar cobertura al territorio israelí.
 - Contribución financiera de Israel al programa a través de su participación en la Empresa Común GALILEO.
- **Ucrania**, el 3 de junio de 2005 manifiesta su apoyo al proyecto.
- **India**, el 3 de septiembre 2005. Toma parte del proyecto y permite establecer bases en su territorio para EGNOS.
- **Marruecos y Arabia Saudí**, en noviembre 2005.
- **Corea del Sur**, el 12 de enero de 2006.
- También han **mostrado interés** en el proyecto:
 - Japón
 - Australia
 - Brasil
 - Argentina
 - México
 - Noruega
 - Chile
 - Malasia
 - Canadá
 - Australia

El esfuerzo económico para financiar GALILEO está justificado porque se espera que se generen beneficios, como mínimo, 4,6 veces superiores a la inversión citada. Se trata, de hecho, del proyecto de infraestructuras más rentable de la historia de la UE, donde, además, se calcula que generará más de 100.000 nuevos puestos de trabajo.

	en millones de euros	en millones de euros	en millones de euros
Fuentes de financiación	Fase de definición	Fase de desarrollo y validación	Fase de explotación (estimaciones)
Agencia Espacial Europea	40	550	600
Unión Europea	42,5	580	
Sector privado	0	0	1.500
TOTAL	82,5	1.130	2.100

Tabla 2: Presupuesto destinado a GALILEO y previsto para los próximos años

⁹ Sistema de Aumentación Basado en Satélites desarrollado por la ESA, la Comisión Europea y Eurocontrol.

Con los dos satélites ya operativos se ha confirmado la validez de las señales. El siguiente paso consiste en la puesta en marcha de cuatro satélites más de prueba que se situarán en una órbita circular a una altura de unos 23.600 km, y serán lanzados a lo largo de 2010 y 2011 en dos cohetes tipo Soyuz ST-B adaptados a las necesidades del programa. A su vez, también está prevista la puesta en marcha del segmento terrestre durante el mismo período de tiempo.

Para 2013 se pretende que se alcance la plena operatividad, encontrándose en órbita y funcionando entre 16 y 30 satélites con los cuales ya se podría empezar a dar soporte a algunos de los servicios que ofrecerá GALILEO.

La fase de despliegue culminará con el lanzamiento del resto de satélites restantes que conforman la totalidad del proyecto, que está previsto se produzca en 2013.

Fase	Actividad a realizar	Satélites implicados	Fechas ejecución previstas
Banco de pruebas de GALILEO v1	Validación de los algoritmos críticos	Ninguno	Finalizada en 2003
Banco de pruebas de GALILEO v2	Testeo de las primeras señales	Dos	Finalizada en 2005
Validación en órbita	Verificación de la validez de las órbitas y puesta en marcha del sector terrestre	Seis	2010 y 2011
Total capacidad operativa	Puesta en marcha de algunos servicios	De 16 a 30	2013

Tabla 3: Resumen del plan de implementación de GALILEO

La Comisión Europea redujo en octubre de 2009 el número de satélites que espera encargue al consorcio formado por Astrium Satellites y OHB System, que pasan a ser 22 de los 28 ó 30 que se iban a construir en un principio. El motivo de esta reducción se debe a la necesidad de realizar ajustes presupuestarios, por lo que también se ha pedido presupuesto al consorcio para la construcción de 16 u 8 satélites. Está previsto que se tome una decisión acerca de este encargo en diciembre de este año 2010.

Durante la *fase de explotación* se permitirán las asociaciones entre empresas privadas y sector público. Los contratos de infraestructura se separarán en seis paquetes principales de obras donde cada empresa o grupo podrá pujar al papel de contratista principal, como máximo, para dos de los seis paquetes. Éstos son:

- Apoyo de ingeniería de sistema
- Infraestructura de misión terrestre
- Infraestructura terrestre de control
- Satélites
- Sistemas de lanzamiento y operaciones
- Otros

El Parlamento Europeo y el Consejo y la Comisión acordaron crear la Comisión Interinstitucional de GALILEO (CIG) para vigilar el cumplimiento de los plazos establecidos, los acuerdos internacionales con terceros países y la preparación de los mercados de navegación por satélite.

2.3.4 EGNOS, Sistema de Aumentación Basado en Satélites de Europa

EGNOS es un Sistema de Aumentación Basado en Satélites¹⁰ (SBAS) desarrollado por la ESA, la Comisión Europea y Eurocontrol, y responde al nombre de Sistema Europeo de Navegación por Complemento Geoestacionario. Actualmente se encuentra en fase de pruebas y está previsto que comience a funcionar en 2010, siendo gratuito el acceso a sus servicios.

Está ideado como un complemento para las redes GNSS para proporcionar una mayor precisión y seguridad en las señales, permitiendo una precisión inferior a dos metros. Comenzó a funcionar en abril de 2004, y hace uso de una señal libre de GPS. Tiene diversas aplicaciones prácticas en ámbitos que van desde la asistencia en accidentes de carretera o de montaña hasta la agricultura. Por ejemplo, EGNOS facilitará los aterrizajes de urgencia de helicópteros incluso en condiciones meteorológicas desfavorables y reducirá el riesgo de accidentes durante el aterrizaje y el despegue, y permitirá reducir el uso de fertilizantes y pesticidas en los campos.

Está previsto que EGNOS genere un volumen de negocio en el mercado europeo de 13.000 millones de euros de aquí a 2013, que justifican el gasto ejercido por los gobiernos europeos que han gastado unos 350 millones para desarrollar y validar el sistema.

El funcionamiento de EGNOS está gestionado por el Proveedor Europeo de Servicios por Satélite ESSP SaS, empresa con sede en Toulouse (Francia) fundada por siete proveedores de servicios de navegación aérea. El contrato entre la Comisión Europea (CE) y ESSP SaS garantizará la gestión del funcionamiento de EGNOS y el mantenimiento del sistema hasta finales de 2013. El navegador tiene una cobertura que abarca la mayoría de los Estados europeos y lleva incorporada la capacidad de amplificarla a otras regiones, como el norte de África y los países vecinos de la UE.

Su servicio es accesible a cualquier usuario equipado con un receptor compatible GPS/SBAS en la zona de cobertura de EGNOS. La mayoría de los receptores vendidos hoy en Europa cumplen ese requisito y, por tanto, no se requiere de ninguna autorización o certificación específica del receptor. Ha sido creado por industrias europeas reunidas en el Grupo de Operadores e Infraestructura de EGNOS (EOIG) con el apoyo de la Comisión Europea, la Agencia Espacial Europea y Eurocontrol. Desde el 1 de abril, la Unión Europea

¹⁰ Sistema de corrección de las señales de los sistemas GNSS que mejoran el posicionamiento horizontal y vertical del receptor y dan información sobre la calidad de las señales. Se emplea, sobre todo, en navegación aérea.

posee y gestiona EGNOS, mientras que la Agencia Espacial Europea, que dirigió el diseño y desarrollo del sistema, se encarga ahora del diseño y la contratación en virtud de un acuerdo de delegación con la Comisión Europea.

En otras regiones del mundo hay otros sistemas similares compatibles con EGNOS que son: WAAS de Estados Unidos, MSAS de Japón y GAGAN de la India.

Estos sistemas de aumentación son muy importantes porque mejoran la precisión de GPS y GLONASS de tal forma que, sin ellos, no se podrían emplear para aproximaciones de no-precisión (NPA), como los ejemplos citados del aterrizaje de un avión.

EGNOS está compuesto por:

- **Tres satélites geoestacionarios** con cobertura global terrestre: dos INMARSAT-3 y el ESA ARTEMIS. Sus características principales son:

Nombre	Longitud	Vehículo de lanzamiento	Fecha lanzamiento
INMARSAT-3 F1	64° Este	Atlas Centaur IIA	3 de Abril 1996
INMARSAT-3 F2	15.5° Oeste	Protón D-1-E	6 Sep 1996
ARTEMIS	21.5° Este	Ariane 5	12 de julio de 2001

Tabla 4: Características de los satélites INMARSAT-3



Figura 11: Satélite INMARSAT-3

- **Red de estaciones terrestres** encargadas de monitorizar los errores en las señales de GPS y actualizar los mensajes de corrección enviados por EGNOS.

El sector terrestre de EGNOS está compuesto por tres tipos de estaciones terrestres:

- **RIMS, Estaciones de Referencia y de Supervisión de Integridad:** son 34.
- **MCC, centros de Control de Misión:** cuatro.
- **NLES, Estaciones Terrestres de Navegación:** número sin precisar.

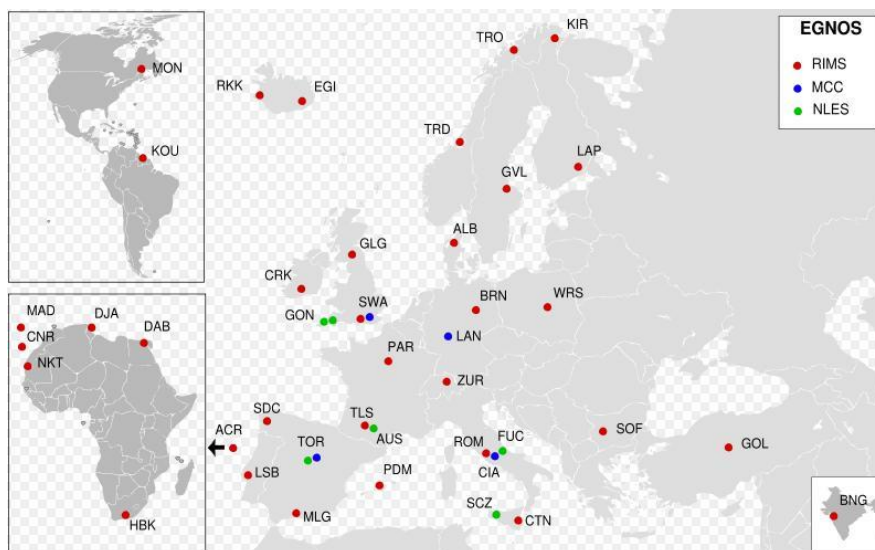


Figura 12: Sector terrestre de EGNOS

2.4 Ventajas de GALILEO frente a otros sistemas GNSS

- ***Plena operatividad:*** Debido a la naturaleza civil del proyecto, la disponibilidad de la señal se garantiza en época de guerras u otros períodos donde otros sistemas como el GPS pueden dejar de estar operativos en su versión abierta por decisión militar.
- ***Evitar la modificación intencionada de la señal:*** El ejército de EE.UU. ha degradado en ocasiones la señal de su sistema GNSS reduciendo notablemente su precisión.
- ***No será usado en intervenciones militares:*** La Unión Europea garantiza que GALILEO no será empleado en conflictos bélicos, tan sólo en misiones de paz.
- ***Mayor precisión:*** GALILEO es el sistema GNSS más preciso de todos, el servicio abierto ofrecerá una exactitud de menos de cuatro metros en horizontal y menos de ocho en vertical. Esta precisión se ve aumentada en los polos terrestres donde el GPS pierde su exactitud notablemente, siendo menos útil para los países nórdicos. GALILEO no pierde precisión debido a la mayor inclinación de las órbitas de sus satélites con respecto al ecuador terrestre.
- ***Localización de objetos en altura; empleo en el transporte aéreo:*** Una de las particularidades de GALILEO es que, mediante el uso de un cuarto satélite que sirva de complemento a la triangulación, logrará situar con precisión también la altura a la que están los objetos.

En la actualidad, los aviones vuelan sobre unas instalaciones eléctricas llamadas faros, que son lo único fiable para indicarles su recorrido. Este hecho supone que haya unas pocas rutas terrestres válidas para la aviación aérea y que se produzcan atascos. GALILEO, sin embargo, va a permitir que los aviones vuelen sin depender de los faros en tierra.

Además, en el espacio aéreo, así como en los aeropuertos, se producen cada vez más cuellos de botella como consecuencia del fuerte incremento de los vuelos. A pesar de las numerosas mejoras no ha podido conseguirse una explotación satisfactoria que cumpla las exigencias de los próximos decenios. GALILEO constituye a este respecto una importante opción para el incremento de la eficiencia en la gestión del transporte aéreo. Gracias a una mayor precisión del control, se puede utilizar de manera óptima el espacio aéreo y conseguirse con ello una reducción de los retrasos con los subsiguientes aspectos positivos que son la reducción del consumo de queroseno y de las emisiones de sustancias contaminantes. Precisamente en el transporte aéreo, que tiene lugar a escala tridimensional y a grandes velocidades, hay que tomar en consideración requisitos particulares en materia de seguridad. Entre ellos se incluyen la garantía de la integridad, es decir, el conocimiento de la calidad de la señal utilizada, así como la fiabilidad garantizada, elementos en los que profundizaremos más adelante.

Sólo un sistema de navegación por satélite que no sea de naturaleza militar puede utilizarse para esta aplicación ya que se garantiza que no se produzca de forma intencionada degradaciones de la señal que hagan el sistema menos preciso.

- ***Aplicación al transporte terrestre y marítimo:*** Aparte del uso que se le puede dar a GALILEO en el ámbito del transporte aéreo, que constituye una novedad con respecto a GPS, también el sistema GNSS europeo será en el futuro el empleado en transporte terrestre y marítimo.

En el caso de este último, cabe destacar que la elevada densidad del transporte y los elevados riesgos de la navegación en las aguas europeas hacen necesario un control reforzado. Los accidentes que se han producido en los últimos tiempos, como los naufragios del petrolero ERIKA, del quimiquero¹¹ IEVOLI SUN y del petrolero BALTIC CARRIER, demuestran que resulta necesaria una determinación de la posición y una transmisión de la misma a través de un sistema de navegación por satélite para cumplir los requisitos de seguridad en el transporte marítimo. En el sentido de los dos paquetes ERIKA¹² sobre la seguridad en el mar, se ha previsto vigilar en

¹¹ Los barcos quimiqueros transportan mercancías químicas peligrosas y están sometidos en materia de seguridad a El Código Internacional de Quimiqueros.

¹² A raíz del naufragio del petrolero *Erika*, la Unión Europea creó una serie de legislaciones para aumentar la seguridad del transporte marítimo de productos petrolíferos conocidas como paquetes ERIKA.

mayor medida el transporte marítimo en las aguas de la Unión Europea. GALILEO ofrece los potenciales necesarios para las medidas en este ámbito.

Además, el sistema europeo ofrece posibilidades para la percepción de las tasas de peaje en la locomoción terrestre, mediante una contabilidad automática sin tener que detenerse en las estaciones de peaje, así como para las empresas en el ámbito de la gestión de las flotas.

Por ello GALILEO está llamado a ser el mejor sistema de radionavegación por satélite para control de tráfico aéreo o ferroviario, transporte de mercancías peligrosas ... en sustitución del GPS.

- **Mayor intensidad de la señal:** Lo que permitirá que GALILEO pueda ser usado en lugares donde actualmente el GPS no funciona, como en el interior de los edificios o en bosques muy densos.
- **Mayor fiabilidad de la señal:** La fiabilidad, referida al comportamiento de un sistema o dispositivo, es la “probabilidad de que el dispositivo desarrolle una determinada función, bajo ciertas condiciones y durante un período de tiempo determinado”. En el caso de GALILEO, comparando con sus más directos competidores (GPS y GLONASS), se garantizará la permanencia de la señal en cualquier circunstancia salvo en el caso improbable de que se produzca la inoperatividad de dos o más satélites del mismo plano orbital.
- **Notificación casi inmediata de errores:** Mediante la transmisión de forma independiente de datos de integridad. La notificación es imprescindible para algunas aplicaciones críticas donde se pondría en peligro las vidas humanas si no se conoce que existe interrupción o degradación del servicio.
- **Cumple con las especificaciones de la ICAO:** La Organización de Aviación Civil Internacional es una agencia de la ONU creada en 1944 para estudiar los problemas de la aviación civil internacional y promover los reglamentos y normas únicos en la aeronáutica mundial.

Esta entidad estableció cuatro requisitos básicos para los sistemas GNSS, de las cuales GPS no cumple algunas mientras que GALILEO sí. Son:

- **Precisión:** Valores referidos al error de la información de posición, velocidad y tiempo proporcionada por el sistema. GALILEO superará a GLONASS y GPS incluidas sus versiones mejoradas.
- **Integridad:** Garantía de veracidad de la posición. Ni GLONASS ni GPS aseguran este punto.

- **Continuidad:** Garantía de recibir constantemente y sin interrupciones las prestaciones de precisión e integridad.
- **Disponibilidad:** Confirmación absoluta de que se va a disponer de las prestaciones de precisión, integridad y continuidad necesarias.

Gracias a que se aseguran los cuatro últimos puntos, GALILEO es el sistema GNSS más adecuado para la aviación.

- Compatibilidad con la **tecnología de redes de telefonía móvil UMTS**: Cuyas tres principales características son:
 - Soporta capacidades multimedia.
 - Velocidad de acceso a Internet elevada, la cual también le permite transmitir audio y vídeo en tiempo real.
 - Transmisión de voz con calidad equiparable a la de las redes fijas.
- **Previsión de que se produzcan fallos en GPS en un año**: Según un informe de la Oficina de Responsabilidad Gubernamental de los EE.UU., presentado en mayo de 2009, sería necesaria la inversión de alrededor de 2.000 millones de dólares para actualizar la red de satélites que permiten el funcionamiento de GPS. De no ser así, en 2010 pueden empezar a producirse fallos y una reducción notable de la precisión de los mismos. En caso de producirse las previsiones descritas en el informe, se beneficiaría el desarrollo comercial de GALILEO.

2.5 Servicios que ofrecerá GALILEO

GALILEO ofrecerá cinco tipos de servicios para distintas aplicaciones:

- **Servicio abierto (OS)**: Se trata de una señal de acceso libre y gratuito para todos los usuarios que lo deseen, aportando información de posicionamiento y tiempo para aplicaciones destinadas al público en general. Transmitirá en las frecuencias E5A, E5B, L1. Dentro de este servicio existe una variante, el **Servicio abierto con autenticación**.



Figura 13: Ejemplo de uso del Servicio Abierto para cálculo de rutas óptimas para automóviles

- ***Servicio para aplicaciones críticas (SoL):*** Ofrece la misma precisión que el servicio abierto (transmite en las mismas frecuencias) pero garantiza una absoluta disponibilidad a nivel mundial y ofrece notificación prácticamente en tiempo real si el servicio se ve degradado ya que su no existencia constituye un peligro para las personas.

Fundamentalmente está pensado para su aplicación en sistemas de transportes (navegación aérea, aplicaciones ferroviarias ...) como aterrizajes de aviones, ámbito en el que el GPS no puede ser usado. La señal será recibida mediante receptores de doble frecuencia. Por otro lado está previsto la creación de la *Galileo Operating Company (GOC)*, sociedad encargada de supervisar y mantener este servicio.



Figura 14: Avión aterrizando, ejemplo de uso previsto para el Servicio para Aplicaciones Críticas

- ***Servicio Comercial (CS):*** Este servicio requiere del pago de un canon. A cambio se ofrecen dos señales más con respecto a las del servicio abierto, estarán cifradas y su acceso estará controlado a nivel de receptor mediante contraseña.

Para ello transmitirá datos adicionales como garantías de servicio, avisos de integridad tanto de GALILEO como de GPS, servicios de tiempo preciso, modelos de retraso ionosférico y señales locales de corrección diferencial para fijar la posición con elevada precisión.

- ***Servicio público regulado (PRS):*** Se trata del servicio más robusto de todos. Diseñado de forma independiente a los otros para garantizar su total disponibilidad en cualquier circunstancia aunque los otros no estén operativos. Será totalmente invulnerable a intentos de interferir en la señal y debe ajustarse a las normativas europeas.

Los datos también están cifrados para garantizar la integridad, y su uso está previsto para cuerpos como la policía o emergencias. Transmitirá en las frecuencias E6 y L1.

- ***Servicio de búsqueda y salvamento (SaR):*** Será el sustituto del servicio de rescate actualmente empleado y del mismo nombre pero con mejoras notables

tales como: lograr una precisión de metros en la localización del elemento a localizar, asegurar una mayor disponibilidad debido a que se localizarán múltiples satélites para continuar funcionando si existiese poca visibilidad de alguno de ellos, y recepción casi en tiempo real de los mensajes de socorro.

Su funcionamiento estará regulado mediante la Organización Marítima Internacional (OMI) y la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI). SaR está basado en el sistema operacional COSPAS-SARSAT.

Además, se permite el envío al usuario del mensaje de que la operación de rescate está en marcha.



Figura 15: Rescate marítimo, el SaR será el sustituto del actual servicio de rescate

2.6 Características de las señales

A continuación procedemos a explicar brevemente las características que ofrecen las señales para después poder tabular los datos en función de éstas y de los servicios antes descritos. Las cuatro primeras características están muy ligadas a la seguridad:

- **Precisión:** Define la exactitud de la posición dada por la señal. La alta precisión que ofrecerá GALILEO, una exactitud del orden de diez centímetros, mientras que la estándar lo hará con un orden de diez metros. En la actualidad el sistema GPS ofrece en su versión estándar una precisión de 15 metros.
- **Integridad:** Característica referida a la capacidad de informar al usuario en caso de producirse un fallo en la recepción de la señal. Esta característica se empleará en servicios donde la vida humana se pone en riesgo en caso de que deje de funcionar el sistema. La información acerca de fallos será reportada en menos de seis segundos desde que se detecta el error.
- **Protección:** Algunas señales, como las del servicio PRS, estarán protegidas contra usos no autorizados mediante métodos de cifrado y otros tipos de medidas para evitar ataques de *jamming*¹³ o *spoofing*¹⁴.

¹³ Técnicas para lograr el bloqueo de una señal electrónica o electromagnética.

- **Garantía de servicio:** Característica referida a la autenticación y protección legal en caso de fallo del sistema.

- **Precio:** Referido a si el servicio requiere de un pago por ser usado o no.

Una vez analizados los distintos servicios que ofrecerá GALILEO y las diferentes características que puede ofrecer cada uno, podemos establecer una clasificación para entender cómo será cada uno de ellos, resumidos en la Tabla 5.

	Precisión	Protección	Integridad	Garantía del servicio	Precio	Puesta en marcha
Servicio abierto	Estándar	Sin protección	No	No	Gratis	A partir de 2014
Servicio abierto con autenticación	Estándar	Según condiciones a definir	No	Autenticación primer nivel (pendiente de definir)	Servicio de pago	A partir de 2014
Comercial	Alta	Cifrado a nivel comercial	No	Segundo nivel	Servicio de pago	A partir de 2014
SoL	Estándar	Sin protección	Sí	Tercer nivel	Servicio de pago	A partir de 2014
PRS	Estándar	Cifrado de alto nivel	Sí	Servicio continuo	Servicio de pago	2013
SaR	Estándar	Sin protección	No	Sí (pendiente de definir)	Servicio de pago	2013

Tabla 5: Tipos de señales ofrecidas por GALILEO y sus características

2.7 Dispositivos receptores de GALILEO

El Proyecto GALILEO está próximo a convertirse en una realidad, y prueba de ello es que ya existe actualmente un receptor de señales compatible con los cuatro sistemas GNSS que convivirán próximamente: GPS, GLONASS, Compass y GALILEO, comercializado por Leica Geosystems.

El resto de compañías del sector no quieren quedarse atrás: La empresa U-blox presentó en el Congreso Internacional 3GSM en Barcelona su nuevo chip compatible con GALILEO.

¹⁴ Técnicas de suplantación de identidad que puede producir que un usuario reciba otra información sin darse cuenta.



Figura 16: 15ab Receiver Novatel, primer receptor compatible con GPS y GALILEO

La guerra comercial de receptores está fundamentada: está previsto que en 2020 se generen beneficios por valor de 300.000 millones de euros en la industria de navegación por satélite, y que existan 3.000 millones de receptores en uso, de los que un 98% serán compatibles con el GPS y GALILEO.

2.8 Instituciones europeas involucradas en el desarrollo de GALILEO

Ante la imposibilidad de encontrar capital privado, la UE decidió afrontar los gastos de la fase de despliegue. Para ello se crearon nuevas instituciones y se implicó a otras para garantizar la viabilidad del proyecto.

Las instituciones que participan son:

- **Comisión Europea:** Institución de la Unión Europea que consta de 14 miembros de distintos países entre los que se encuentra España. Representa y defiende el interés general de la UE y cuenta con poderes de ejecución, gestión y control. Se ocupa de tomar decisiones y ejecutarlas en el marco del Tratado de la Unión Europea. En el contexto de GALILEO se encuentran, entre otras, la Dirección General de Transportes y Energía de la UE (DG TREN), Programa Marco de I+D, Programa de Redes de transporte TransEuropeo, etc.
- **Agencia Espacial Europea (ESA):** Agencia intergubernamental encargada de la política espacial de la UE.
 - En el caso de GALILEO su misión consiste en dar apoyo científico y técnico al proyecto: concretamente, desarrolla tecnologías críticas tales como antenas, relojes atómicos... y también se encarga del diseño del Sistema GALILEO.
- **Empresa Común Europea (GJU):** Creada conjuntamente por la Comisión Europea y ESA. Comenzó a funcionar el 1 de septiembre de 2003, y tiene como objetivos:

- ***Impulsar la fase de desarrollo y posteriores:*** Esta empresa ha sido la encargada del lanzamiento de los primeros satélites de prueba a través de la ESA.
 - ***Seleccionar la empresa Concesionaria que explotará el sistema y negociación del contrato de Concesión:*** Para lograr los objetivos la GJU se tiene como objetivo prioritario la búsqueda de una asociación entre el sector público y privada. Se intenta lograr que los fondos necesarios para la fase de explotación vengan en buena parte del sector privado.
 - ***Impulsar el 7º Programa Marco de Investigación y Desarrollo (FP7):*** Plan de acción que abarca el período 2007-2013, consistente en una serie de proyectos impulsados por la Unión Europea con el fin de lograr una política de investigación acorde con sus ambiciones económicas y sociales mediante la consolidación del Espacio Europeo de la Investigación, logrando, entre otras medidas, difundir y buscar capital privado para el desarrollo de GALILEO.
 - ***Gestión de la integración de EGNOS:*** Sistema que mejora los datos proporcionados por GPS en GALILEO.
-
- ***Autoridad de Supervisión GALILEO (GSA):*** La Autoridad es un organismo comunitario dotado de personalidad jurídica y que existe legalmente desde mediados de 2004.
- Tiene la función de velar por los intereses públicos relativos a GALILEO y EGNOS y de ser su órgano regulador. Es propietaria de todos los bienes, derechos y licencias derivados del sistema. También se encargará de asistir a la Comisión Europea en el programa europeo de radionavegación en la producción de normas y regulaciones.
- ***Empresa Concesionaria GALILEO (GOC):*** Se trata de la empresa privada que se adjudicará el contrato de Concesión y que asumirá las funciones de desplegar, operar, mantener y reemplazar el sistema GALILEO. Financiará la fase de despliegue y recibirá el derecho de explotación del sistema durante 20 años, tiempo estimado de vida del sistema de satélites.

2.9 El papel español en GALILEO

España está jugando un papel muy activo en el desarrollo de GALILEO.

Galileo Sistemas y Servicios (GSS) es un consorcio que agrupa las principales empresas españolas dedicadas al campo de navegación por satélite, concretamente son, por orden alfabético: AENA, Alcatel Alenia Space España, EADS-CASA, GMW, Hispasat, Indra y Sener. Su objetivo es promover el desarrollo, operación y explotación comercial de aplicaciones y servicios generados en España que serán proporcionados por Galileo y de asegurar una importante difusión en España de su utilización, sus aplicaciones y los servicios alrededor del sistema.

Los objetivos de GSS, según la propia entidad, se pueden resumir en:

- Promover el desarrollo, despliegue, operación y explotación de GALILEO.
- Participación adecuada de la industria espacial y los operadores españoles en el programa GALILEO, equilibrada con el nivel esperado de participación española en la financiación pública del mismo.
- Participar en los órganos de decisión industrial que se establezcan para la gestión del programa.
- Participar en el consorcio industrial europeo responsable del desarrollo del sistema.

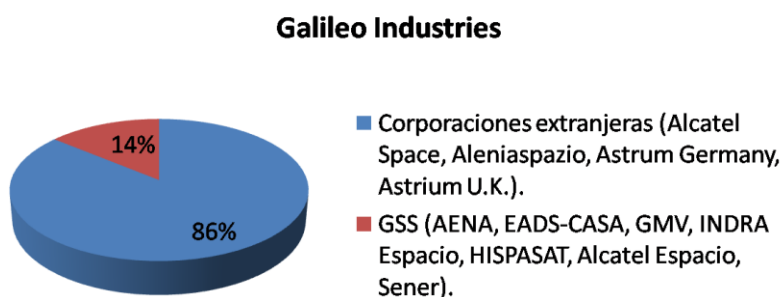


Figura 17: Distribución del capital de Galileo Industries

Se prevé que en la fase operativa del proyecto, los contratos anuales demandados a Galileo Industries, estarán cifrados en unos 9.000 millones de euros.

2.9.1 Análisis de las empresas españolas implicadas

Para percibir la fortaleza del sector español en materia espacial y de telecomunicaciones, vamos a hacer un breve repaso de la trayectoria, misiones, división del capital, consorcios con otras entidades y aporte al programa GALILEO de las empresas que integran GSS, y que demuestran la viabilidad económica del proyecto.

2.9.1.1 Hispasat

Hispasat es un operador satelital español constituido como Sociedad Anónima en 1989 que ofrece coberturas en América, Europa y Norte de África. Proporciona servicios de internet por satélite, televisión, radio y comunicaciones vía satélite, ofreciendo en la actualidad la distribución de más de mil canales de televisión y radio a más de treinta millones de hogares, así como servicios de banda ancha en entornos fijos y móviles. Cuenta con las filiales: Hispasat Brasil, Hispamar Satélites, Hispasat Canarias e Hisdesat.

En el accionariado de Hispasat pueden encontrarse importantes representantes del sector público español como el Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial (INTA), con un 16,42%, la Sociedad Española de Participaciones Industriales (SEPI), con un 7,41%, y el Centro para el Desarrollo Tecnológico e Industrial (CDTI), con un 1,85%. Además, también tienen participación los operadores de telecomunicaciones Telefónica, con un 13,23%, y Eutelsat, con un 27,69%, además del grupo especializado en la gestión de infraestructuras y servicios de telecomunicaciones Abertis, con el 33,39%.

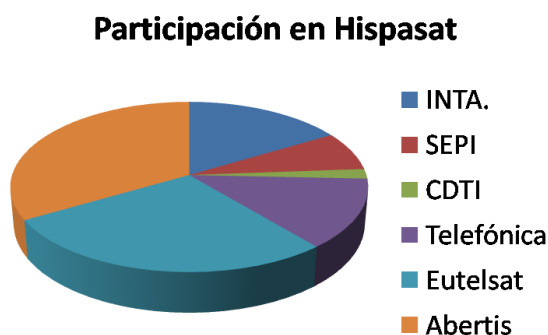


Figura 18: Distribución de la participación en Hispasat, S.A.

Este operador es miembro fundador del Consorcio de GSS, que se convertirá en la futura empresa concesionaria del sistema. Igualmente, forma parte de la empresa española Galileo Sistemas y Servicios que participa en el desarrollo de las infraestructuras del programa y es miembro fundador de la asociación europea Galileo Services (GS) cuyo objetivo es el desarrollo del mercado de aplicaciones, la estandarización y la creación de normas y el fomento de las actividades de I+D en navegación por satélite.

El sistema de comunicaciones por satélite Hispasat incluye satélites situados en tres posiciones orbitales diferentes:

- **Posición transatlántica:** 30° Oeste, en la que se ubican los satélites que dan cobertura al territorio español:
 - Hispasat 1C
 - 1D
 - Spainsat
- **Posición americana:** 61° Oeste, en la que se ubican los satélites:
 - Amazonas 1.
 - Amazonas 2: Es el mayor satélite de comunicaciones con cobertura panamericana. Lanzado con éxito el 1 de octubre de 2009, ha permitido posicionar a Hispasat como el primer operador del mundo en la distribución y difusión de contenidos en español y portugués.
- **Posición oriental:** 29° Este, en la que se ubica el satélite Xtar-Eur.

La alta potencia de los satélites que componen el sistema Hispasat permite ofrecer una óptima cobertura con la máxima flexibilidad a América, Europa y Norte de África, mostrándose como el vehículo ideal para todo tipo de servicios de comunicaciones por satélite.

Hispasat se ha consolidado en estos años como la empresa que ofrece el sistema de satélites con mejor cobertura en España y Portugal y es el operador de referencia en Iberoamérica gracias a su operatividad en el continente americano. Además, la capacidad transatlántica de sus satélites ofrece una cobertura simultánea en todos los países del continente americano, desde Canadá a Tierra del Fuego. Para esta cobertura, el sistema Hispasat cuenta con una alta capacidad en enlaces América-América, ofreciendo, además, a sus actuales y futuros clientes una plena conectividad entre Europa y América.

En Europa ofrece servicio a un territorio que abarca desde las Islas Canarias hasta gran parte de Rusia y desde Escandinavia hasta el Norte de África. En esta cobertura, es posible optimizar al máximo el uso de la capacidad espacial, adaptándola en todo momento a las necesidades operativas de sus clientes.

Con la colaboración del Centro Para el Desarrollo Tecnológico Industrial (CDTI¹⁵), los distintos representantes de la Industria Española identifican las áreas de interés de cada uno y su potencial participación en el proyecto DESATCOM. Se remarca el interés técnico y de explotación comercial derivado de la importancia de incorporar en las siguientes generaciones de satélites de Telecomunicaciones, sistemas de procesado a bordo mejoradas, antenas con reconfiguración electrónica de coberturas, que incluya haces orientables, asignación dinámica de frecuencias y de ancho de banda, subsistemas de TTC de nueva generación que se adapten a los nuevos estándares y para otras bandas de frecuencias, además de otros equipamientos como multiplexores de salida, conmutadores en guía de onda, receptores, fuentes de alimentación, mecanismos de despliegue de antenas controlados electrónicamente entre otros, que potencialmente se puedan identificar durante el desarrollo del estudio de viabilidad.

Se han iniciado así estudios de viabilidad y de sistema, cuyos resultados se utilizarán para identificar las tecnologías a desarrollar por la industria española para ser competitiva, e incorporarlas, en la medida de lo posible, en las siguientes generaciones de satélites comerciales de telecomunicaciones.

Junto con Hispasat, también participan en el proyecto DESATCOM compañías de la envergadura de Thales Alenia Space España, EADS-CASA, GMV, GTD, Iberespacio, Inasmet, Indra, Insa, MIER Comunicaciones, Ryma y Tecnológica.

¹⁵ Entidad Pública Empresarial, dependiente del Ministerio de Ciencia e Innovación, que promueve la innovación y el desarrollo tecnológico de las empresas españolas. Desde el año 2009 es la entidad del Ministerio de Ciencia e Innovación que canaliza las solicitudes de financiación y apoyo a los proyectos de I+D de empresas españolas en los ámbitos estatal e internacional.

2.9.1.2 AENA

Aeropuertos Españoles y Navegación Aérea (AENA) es el ente público empresarial encargado de la navegación civil aérea y de los aeropuertos civiles en España y, a través de su filial AENA Internacional, participaciones en aeropuertos de México, Estados Unidos, Cuba, Colombia, Bolivia, Reino Unido y Suecia.

Aparte de las funciones de ordenación, dirección, coordinación, explotación, conservación y administración de los aeropuertos públicos de carácter civil, aeródromos, helipuertos y de las zonas civiles de las bases aéreas abiertas al tráfico civil, tiene como cometidos, en el ámbito aeroespacial, de:

- La ordenación, dirección, coordinación, explotación, conservación y administración de las instalaciones y redes de sistemas de telecomunicaciones aeronáuticas, de ayudas a la navegación y de control de la circulación aérea.
- La ejecución, dirección y control de las inversiones en infraestructuras, instalaciones y redes de sistemas de telecomunicaciones aeronáuticas, de ayudas a la navegación y control de la circulación aérea.

La Entidad Pública Empresarial AENA, creada en virtud de lo dispuesto en el artículo 82 de la Ley 4/1990, de 29 de junio, de Presupuestos Generales del Estado para 1990, se rige por lo dispuesto en el Real Decreto 905/1991, de 14 de junio, por el que se aprueba el Estatuto de dicha Entidad.

Tal como fija el artículo 1 de su Estatuto, AENA tendrá como misión: *“Contribuir al desarrollo del transporte aéreo en España y garantizar el tránsito aéreo con seguridad, fluidez, eficacia y economía, ofreciendo una calidad de servicio acorde con la demanda de clientes y usuarios, en el marco de la política general de transportes del Gobierno”*.

La Entidad Pública Empresarial AENA tiene personalidad jurídica propia e independiente de la del Estado, plena capacidad jurídica, pública y privada, y patrimonio propio. Asimismo, está adscrita al Ministerio de Fomento, el cual, de acuerdo con el mandato que establezca el Gobierno, fijará sus directrices de actuación, aprobará el plan anual de objetivos, efectuará el seguimiento de su actividad y ejercerá, sin perjuicio de otras competencias, el control de eficacia, de acuerdo con la normativa vigente.

2.9.1.3 EADS-CASA

La española CASA fue creada en 1923 y en 1999 se fusiona con EADS dando lugar a la compañía EADS-CASA.

EADS Astrium es líder mundial del diseño y fabricación de sistemas de satélites, cargas útiles, infraestructura terrestre y equipamientos espaciales para un amplio abanico de

aplicaciones civiles y militares. Contratista principal de más de 70 satélites de comunicación y socio preferido para muchos de los operadores, la empresa es especialista mundial en observación de la Tierra y sistemas meteorológicos. Ofrece plataformas, instrumentos ópticos y de radar y equipamiento para los segmentos terrestres. La empresa también presta servicios de información de observación de la Tierra y ofrece productos a través de su filial Infoterra y de la empresa conjunta Spot Image. EADS Astrium es contratista principal de ESA en los principales programas de exploración espacial.

Dentro del programa GALILEO desempeña un papel primordial en su diseño y desarrollo, con un liderazgo en el segmento, siendo responsable de la construcción de los primeros cuatro satélites operativos de la constelación y sus cargas útiles.

A 31 de marzo de 2009, el capital social de EADS-CASA está constituido de la siguiente forma:

- **Capital privado:** A través de un contractual *partnership* de Derecho holandés se controla el 50,49% de la empresa. A su vez, este porcentaje se divide en:
 - Daimler, con un 22,50%.
 - Sogade, con un 22,50%.
 - SEPI: Entidad de Derecho Público cuyas actividades se ajustan al ordenamiento jurídico privado. El Grupo SEPI, con 21 empresas y cerca de 32.000 trabajadores, tutela dos fundaciones y tiene participación directa minoritaria en EADS y otras siete compañías. Posee el 5,5% del capital social de EADS.
- **Capital público:** Incluyendo los empleados de EADS, son titulares del 49,5% del capital social.

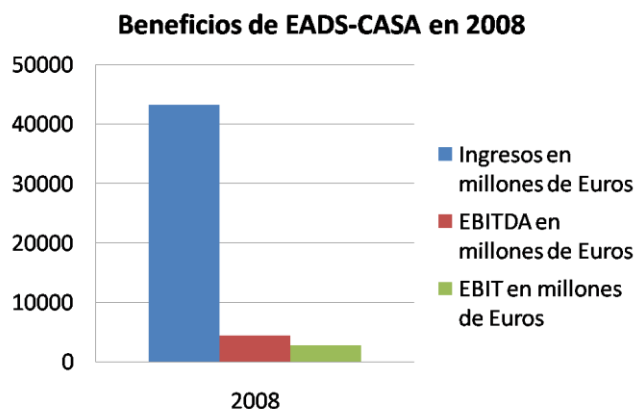


Figura 19: Ingresos, EBITDA¹⁶ y EBIT¹⁷ de EADS-CASA para el ejercicio 2008

¹⁶ Representa el margen o resultado bruto de explotación de la empresa antes de deducir los intereses, las amortizaciones o depreciaciones y el Impuesto sobre Sociedades.

¹⁷ Representa el margen o resultado bruto de explotación de la empresa antes de deducir los intereses y el Impuesto sobre Sociedades.

2.9.1.4 GMV

Fundada en 1984, desde sus inicios GMV se centra en el sector espacial y de defensa, dando los primeros pasos en campos como el análisis de misión, la dinámica de vuelo, los centros de control, la simulación o la navegación por satélite. En 2008 cuenta con una plantilla de 1031 empleados y ese mismo año facturó 91,8 millones de euros.

En el marco del programa GALILEO se produce la firma de cinco contratos que superan los 40 millones de euros e implican el suministro de sistemas clave, así como una importante participación en las tareas de ingeniería y diseño del sistema completo.

Entre los elementos clave dentro del programa, GMV está desarrollando los elementos responsables de las prestaciones finales del sistema. Por un lado el OSPF, sistema que se encarga de calcular de forma precisa la posición de los satélites así como de la sincronización de todos los relojes del sistema. Por otro lado el IPF, responsable del cálculo de los parámetros de integridad que permiten el uso de GALILEO para aplicaciones críticas.

En el segmento de control, GMV es responsable del FDF, encargado del cálculo operacional de la posición y la actitud de los satélites, así como de la generación de las maniobras para asegurar el correcto emplazamiento y apuntamiento de los satélites en todo momento.

Asimismo, GMV es responsable del desarrollo del SPF, que permite el intercambio de información entre GALILEO, usuarios, proveedores de servicio y otros sistemas externos, como el sistema GPS.

Por último, la filial portuguesa de GMV, Skysoft, ha obtenido el contrato para el desarrollo del MNE cuyo objetivo es ofrecer funciones de conectividad en red, seguridad y monitorizado.

Como complemento a estas actividades de desarrollo, GMV es responsable de la experimentación del GIOVE-A y el GIOVE-B, para los que realiza la validación de la señal GALILEO, el análisis del comportamiento de los relojes a bordo y el cálculo preciso de las órbitas de estos satélites.

Junto al desarrollo de estos elementos clave de la infraestructura de GALILEO, GMV participa en diversos proyectos de investigación y desarrollo de productos y servicios basados en la navegación por satélite para aplicaciones aeronáuticas, de defensa o sistemas inteligentes de transporte.

2.9.1.5 Alcatel-Alenia

Alcatel es uno de los actores industriales principales en España a través de su filial Alcatel Alenia Space España, fundada en 1988, mantiene una competitiva presencia en el sector espacial mundial y ha suministrado equipos a las principales agencias espaciales: ESA, JAXA, CSA o SSC entre otras, y a las principales compañías operadoras de satélites como Hispasat, Eurostar, Eurasiasat, Eutelsat, Eumetsat o SES Astra.

Alcatel Alenia Space España es suministrador habitual de subsistemas y equipos embarcados de TTC (Telemetría, Tracking y Comando), Equipos de Procesado Digital y Microondas Pasivas, y participó en más de 15 programas durante la década de los 90. Algunos ejemplos son:

- **Misión XMM (1995)**, consistente en el telescopio de rayos X más potente lanzado al espacio.
- **Satélite Integral (1996)**, concebido como observatorio de rayos gamma para el envío a tierra de información relacionada con agujeros negros, la vía láctea y otras galaxias situadas en los límites del universo observable.
- **Misión Cluster**, compuesta por cuatro satélites para el estudio de la estructura de la magnetosfera y su medio ambiente en tres dimensiones.
- **Viajes a Marte y a la cola de un cometa**, mediante las misiones Venus Express, Rosetta y Mars Express.
- Aportar infraestructura para la **Estación Espacial Internacional (ISS)**.

Alcatel Alenia Space España participa en numerosos programas de satélites como Hispasat, Globalstar, Worldstar, Eutelsat, SES Global, etc., Una parte de su historia está unida al desarrollo de la serie de satélites Hispasat (desde 1990, con los satélites 1A, 1B y 1C, hasta el último Amazonas en 2004).

Dentro del proyecto GALILEO, gracias a la tecnología de Alcatel-Alenia se produjo la transmisión de las señales de Giove-A a las estaciones de la Tierra utilizando la señal de unidad de navegación de siguiente generación (NSGU) y el ancho de banda de la antena de navegación desarrollado por Alcatel Alenia Space. Además, esta corporación también ha sido responsable de gran parte de la tecnología de Giove-B, como son el diseño de la unidad de control y la generación de reloj.

2.9.1.6 Indra

Presente en más de 40 países de los cinco continentes, en 2002 el 30% de su facturación provino de la actividad internacional.

Su división espacial, Indra Espacio, ha suministrado soluciones avanzadas en el Segmento terreno de satélites a clientes en más de 20 países, incluyendo HISPASAT, EUTELSAT, EUMETSAT, Ministerios de Defensa, operadores de Telecomunicaciones, Ministerios de Medioambiente y Agencias de Navegación Aérea.

La compañía está presente en grandes proyectos espaciales a través de sus cuatro líneas de actividad:

- Control de satélites
- Comunicaciones satelitales
- Teledetección
- Navegación

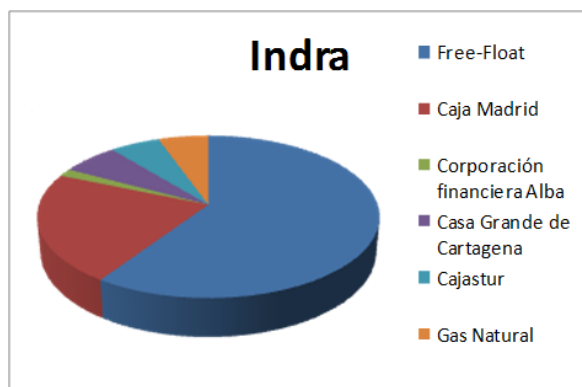


Figura 20: División del capital de Indra

2.9.1.7 Sener

Sener Ingeniería y Sistemas S.A., fundada en 1956, es una empresa de ingeniería, consultoría e integración de sistemas y constituye en la actualidad la primera ingeniería multidisciplinar en España y empresa de referencia internacional en Ingeniería Civil y Arquitectura, en Ingeniería Aeroespacial, en Aeronáutica y Vehículos, en Sistemas de Actuación y Control, en Energía y Procesos y en Ingeniería Naval.

Sener desarrolla desde su origen mecanismos y sistemas mecánicos que cubren muchas de las necesidades del Segmento de Vuelo, suministra elementos imprescindibles para el logro de una misión, como los Sistemas de Control y Actitud (AOCS) y los

Sistemas de Guiado, Navegación y Control (GNC). En la actualidad existen 20 satélites y vehículos espaciales que operan con equipos de esta compañía de a bordo.

En sus 40 años, Sener ha suministrado más de 150 equipos en 46 satélites sin fallo alguno. La empresa ha participado en misiones de la ESA y la NASA como Hubble Space Telescope, Columbus, Envisat, Rosetta, Meteosat, Herschel y Planck, Metop, Mars Science Laboratory o GAIA, así como en misiones comerciales como Hispasat, Spainsat o XTAR-EUR. Cabe mencionar que fue la primera empresa española en ganar un concurso de la Agencia Espacial Europea (entonces ESRO), en el año 1967, para el diseño y la construcción de la torre de apunte y lanzamiento de cohetes de Kiruna (Suecia).

Aparte de colaborar en Galileo Sistemas y Servicios, esta entidad también está involucrada en los siguientes proyectos españoles:

- ***Industria de Turbopropulsores, S.A.:*** ITP es la única industria española dedicada al diseño, desarrollo, fabricación y mantenimiento de turbinas aeronáuticas e industriales. Sener controla una participación accionarial del 53,2%, mientras que Rolls-Royce dispone del 46,8% restante.
- ***Hisdesat, S.A.:*** Hisdesat proporciona servicios de comunicaciones por satélite a clientes gubernamentales, para aplicaciones tanto civiles como militares. SENER participa en esta sociedad con un 5%, junto con HISPASAT, INSA, EADS-CASA e INDRA.
- ***Orbital Satellite Services:*** En OSS SENER participa junto con otros socios industriales europeos y bajo los auspicios de la Agencia Espacial Europea en el desarrollo de un novedoso remolcador espacial, denominado SMART-OLEV, que consistirá en la prolongación de la vida operativa de determinados satélites de telecomunicaciones situados en órbita geoestacionaria, una vez hayan consumido el combustible que llevan a bordo.

2.9.2 Aportaciones al programa Galileo Masters

Galileo Masters es un concurso internacional que tiene como objetivo promover la creación de nuevas aplicaciones innovadoras, orientadas a mejorar la calidad de vida de las personas, empleando el sistema de posicionamiento global por satélite GALILEO, y que se celebra cada año.

En 2009 se han presentado cerca de 300 proyectos de diferente naturaleza representando a 30 países de todos los continentes. El pasado mes de septiembre fueron valoradas en Stevenage (Reino Unido) por un comité internacional de 150 expertos de la industria, que valoraron y reconocieron las soluciones innovadoras en los ámbitos de la salud y medicina, el transporte, el ahorro de energía, la logística y la seguridad, entre otros.

El Galileo Masters comenzó en 2004 en Alemania y desde entonces casi se ha cuadruplicado el número de países participantes e ideas concursantes. En la última edición se han dado cita 18 regiones tecnológicamente avanzadas de todo el mundo. El premio principal es de 20.000 euros y contempla la posibilidad de utilizar alguna de las infraestructuras de las empresas e instituciones organizadoras para desarrollar el proyecto. Además, se entregan premios a los proyectos ganadores dentro de cada región y ocho premios a temas específicos.

Por primera vez en la historia de la competición un español, el físico José Caro, en representación de la empresa madrileña GMV, ha recibido el premio 'Galileo Masters 2009/European Satellite Navigation Competition' por el desarrollo de un sistema, denominado "osmógrafo", que sirve de apoyo a la búsqueda de personas con equipos caninos en situaciones de catástrofes. Junto al premio, también se le ha hecho entrega de dos galardones, al mejor proyecto regional y a la mejor idea relacionada con la temática "Soporte a la Vida" (*Support of Life*), que concede la Comunidad junto con empresas del sector aeroespacial, y está vinculado al futuro Centro de Control Galileo, que se situará en la Comunidad de Madrid.

Capítulo 3

Armas de fuego: funcionamiento y legislación

Durante el presente capítulo vamos a profundizar en la estructura y funcionamiento de las armas de fuego ligeras. Tras su estudio, que nos servirá para poder diseñar un sistema que incorpore un receptor GALILEO en las armas, exponemos los últimos cambios legislativos que se han producido en el contexto internacional, europeo y nacional que atañen a exportación, tenencia y uso de armamento.

3.1 Definición de arma de fuego

El arma de fuego es un dispositivo destinado a propulsar uno o múltiples proyectiles por medio de presión de gases con el fin de tiro a distancia. Éste término se aplica únicamente a los dispositivos que despiden gas a alta presión tras una reacción química de combustión dentro del mismo dispositivo, de este modo se excluyen como armas de fuego a los dispositivos que propulsan proyectiles por medio de aire o CO₂ almacenadas a presión por otros medios.

3.2 Tipos de armas de fuego

Dentro de las armas de fuego existentes podemos establecer la siguiente división:

- **Armas convencionales:** Las armas convencionales, en contraposición a las ADM (Armas de Destrucción Masiva), son aquellas que pueden discriminar el objetivo y que, por tanto, permiten atacar a uno determinado. Ejemplos de armas convencionales son las armas pesadas, las armas pequeñas y ligeras, y las armas no letales y el material policial:
 - **Armas pesadas:** Equipamiento militar convencional pesado: tanques, vehículos blindados, helicópteros y aviones militares, barcos y submarinos de uso militar, cañones y morteros de un calibre superior a 100mm, etc.
 - **Armas pequeñas y ligeras:** Son aquellas que pueden ser transportadas por una persona o un grupo de personas. Las pistolas, las ametralladoras, los fusiles de asalto, los bazucas, las granadas, las municiones o las minas antipersona son ejemplos de armas pequeñas y ligeras.

Las armas ligeras son consideradas las armas más mortíferas de todas: causan 500.000 víctimas al año (una cada minuto). Actualmente se estima que hay 639 millones de armas pequeñas y ligeras en el mundo repartidas de la siguiente forma:

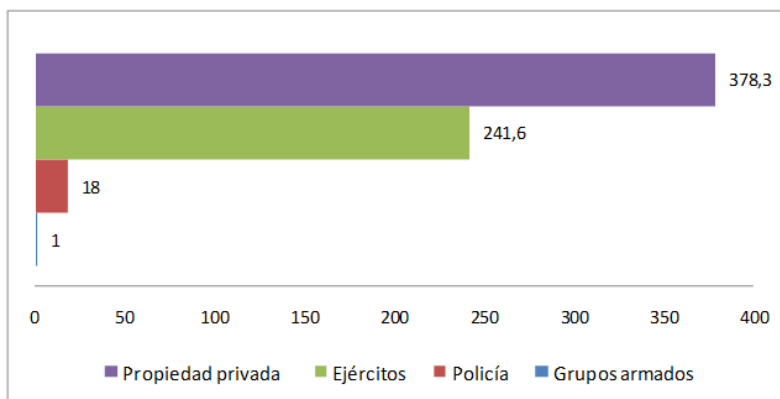


Figura 21: Número estimado de armas de fuego ligeras en el mundo (en millones de unidades)

- **Armas no letales y material policial:** Armas no mortales, son productos utilizados por la Policía y por los cuerpos de seguridad: láseres, gases lacrimógenos, emisiones de ondas, esposas, porras convencionales, porras eléctricas, etc.

A pesar de no ser mortales, este tipo de armas están cuestionadas por el Derecho Internacional Humanitario, porque pueden provocar daños excesivos y degradantes, y porque no se tiene capacidad para controlar sus efectos.

3.3 Definición de las armas de fuego ligeras

También conocidas como cortas, las armas ligeras incluyen un conjunto de pistolas de dimensiones y tamaños reducidos que pueden ser transportadas fácilmente por una persona. Por lo general el término se aplica a revólveres, pistolas, subfusiles, escopetas, carabinas, fusil de asalto, rifles, ametralladoras ligeras, ametralladoras de uso general, ametralladoras medianas, y granadas de mano. Sin embargo, puede también incluir ametralladoras pesadas, así como morteros ligeros, rifles sin retroceso y algunos lanzadores de cohetes.

También incluye armas algo más pesadas como ametralladoras pesadas, lanzagranadas, armas portátiles antitanques y antiaéreas, lanzamisiles, rifles sin retroceso, y morteros de calibres inferiores a 100 mm (3.9 pulgadas). Este último grupo de armas por lo general requiere de una pequeña dotación de dos o más individuos para portarlas y operar con ellas, lanzar los proyectiles explosivos o ambas acciones.

En lo que sigue, para este PFC, cuando nos refiramos a armas de fuego ligeras o simplemente a armas de fuego, excluirémos las más pesadas mencionadas en el párrafo anterior y las granadas de mano.

3.4 Países productores de armas de fuego

Los cinco miembros permanentes del Consejo de Seguridad de la ONU (Estados Unidos, Reino Unido, Francia, Rusia y China) realizan el 88% de las exportaciones de armas convencionales.

La industria armamentística se desarrolla gracias a 1.135 empresas repartidas en más de 98 países y están fabricando armas pequeñas, munición y piezas. A continuación nombraremos los 30 más importantes, de los cuales 19 participan en GALILEO y cuatro han mostrado interés por el proyecto. Estos productores son:

- Países de la UE (13):
 - Alemania
 - Austria
 - Bélgica
 - España
 - Eslovaquia
 - Francia
 - Finlandia
 - Hungría
 - Italia
 - Polonia
 - Reino Unido
 - República Checa
 - Suecia

- Resto de países (17)
 - Argentina
 - Brasil (colabora con la UE en GALILEO)
 - Canadá (ha mostrado interés por GALILEO)
 - Colombia
 - Chile (ha mostrado interés por GALILEO)
 - Corea del Sur (colabora con la UE en GALILEO)
 - Estados Unidos (colabora con la UE en GALILEO)
 - Israel (colabora con la UE en GALILEO)
 - Rusia (colabora con la UE en GALILEO)
 - Suiza
 - Venezuela
 - China (colabora con la UE en GALILEO)
 - Japón (ha mostrado interés por GALILEO)
 - México (ha mostrado interés por GALILEO)
 - Egipto
 - Filipinas
- Turquía (país candidato a incorporarse en la UE).

3.5 Partes y funcionamiento de las armas de fuego

A continuación procedemos a describir brevemente cuáles son las principales partes de un arma de fuego ligera:

- ***El cañón:*** Ha sido desde siempre la parte más importante y costosa del arma. Está formada por un tubo perfilado de manera diversa y cerrado por su parte posterior con un tapón roscado.
- ***La caja:*** Su misión es juntar las distintas partes del arma a fin de poder utilizarla cómodamente, generalmente formada por: la cox, la empuñadura y el ajuste.
- ***La culata:*** Apéndice que permite la unión del cañón con la caja.
- ***El oído:*** Comunica la cazoleta con el interior de la recámara, lo que permite al fuego alcanzar la carga de lanzamiento o impulsión.
- ***Sistema de ignición:*** Su función es deflagrar la carga de pólvora contenida en el cañón, y puede ser un sistema de mecha, de rueda, de sílex o pedernal, o de percusión.

Para comprender el funcionamiento de este tipo de armas procedemos a exponer la descripción de una patente de un mecanismo disparador para armas de fuego portátiles y automáticas, extraído de la web de patentes patentados.com:

Un mecanismo disparador para armas de fuego portátiles y automáticas presenta un percutor armado en el retroceso del cierre, una palanca de fuego continuo que bloquea el percutor durante las operaciones de cierre y es controlada desde el cierre. Un cursor desplazable en una posición individual y una posición de fuego continuo a través de la acción del disparador contra un muelle de resorte en una posición de salida y un par de palancas que cooperan juntas como disparador e interruptor penetrando según la posición del cursor en la zona de movimiento de unos salientes del percutor.

Para lograr un mecanismo disparador sencillo con gran seguridad de funcionamiento corto y bajo, la palanca disparadora e interruptora forman entre ellas a través de cantos de distribución opuestos entre sí una corredera de mando en la que engrana un taco de corredera accionable por el cursor del disparador.

El movimiento de control de los tacos de corredera es relativo a los cantos de distribución en los disparos. El par de palancas contra la fuerza de un muelle recuperador cambia a una posición de salida en donde la palanca disparadora agarra el saliente del percutor tensionado y en una posición de juego único en donde la palanca disparadora se desbloquea del saliente del percutor y la palanca interruptora penetra en la vía del saliente percutor en una posición de fuego continuo de donde ambas palancas se desbloquean del saliente del percutor.

3.6 Legislaciones relativas a las armas de fuego

No existe ninguna legislación europea ni internacional con respecto a las exportaciones y numeración de las armas de fuego ligeras aunque sí existen algunas medidas concretas por lo que, a continuación, detallamos cada una de estas.

3.6.1 Legislación relativa a la exportación

No existen legislaciones internacionales comunes relativas a la venta de armas al extranjero, aunque encontramos en la actualidad diversos acuerdos entre países y diferentes organismos. Para entender en qué contexto legislativo nos encontramos en la actualidad, a continuación vamos a estudiar de forma breve cuáles son estas leyes a nivel mundial, en la Unión Europea y en España.

3.6.1.1 Legislación relativa a la exportación a nivel mundial

El único instrumento mundial de control a nivel internacional son los embargos de armas de la ONU, decididos por el Consejo de Seguridad de Naciones Unidas. Éstos consisten en la obligación por parte de los Estados Miembro de procurar:

- ***Impedir el suministro, la venta y la transferencia*** directos o indirectos de armas y materiales conexos de todo tipo, incluidos (pero sin quedar limitados a ellos):
 - Armas y municiones
 - Vehículos y pertrechos militares
 - Pertrechos paramilitares
 - Las piezas de repuesto correspondientes
- ***Impedir el asesoramiento técnico, asistencia o adiestramiento*** relacionados con las actividades militares desde su territorio.

La ONU establece el embargo de armas como último recurso, normalmente una vez que la situación humanitaria y de los derechos humanos en un país concreto ya ha alcanzado un punto de crisis. En el último decenio se han impuesto 13 embargos.

Actualmente existen dos embargos territoriales de armamento impuestos por la ONU con carácter preceptivo sobre Costa de Marfil, Liberia y Somalia. Los agentes no estatales (grupos rebeldes y sus dirigentes) también están sujetos al embargo. Además, todos los Estados de la comunidad internacional tienen prohibido transferir armas a estos agentes no estatales en la República Democrática del Congo, Liberia, Ruanda, Sierra Leona y Sudán, así como al grupo Al Qaeda y personas asociadas a él.

En el último decenio también se han impuesto embargos sobre los grupos rebeldes armados angoleños (1992-2002), Etiopía y Eritrea (2000-2001), Irak (1990-2003), Libia (1992-2003) y la ex Yugoslavia (1991-1996 y 1998-2001).

Otra medida adicional que toman algunos gobiernos es exigir un Certificado de Uso Final que indique el destinatario de las armas y para qué van a utilizarse.

3.6.1.2 Legislación relativa a la exportación a nivel europeo

A nivel regional también se pueden declarar embargos, o bien moratorias, cuando un país o grupo de países se autoimpone límites a su armamentismo. En 1998, por ejemplo, los países de la Comunidad Económica de Estados de África Occidental (ECOWAS) acordaron una moratoria a la producción, a la importación, a la exportación y a la distribución de armas ligeras y de munición.

Los embargos a este nivel también vienen de la mano de la Unión Europea o de la OSCE. Este último organismo es la Organización para la Seguridad y la Cooperación en Europa, y, según la definición que aporta, se trata de la entidad de seguridad regional más extensa del mundo, con un territorio que va desde América del Norte, pasando por Europa, el Cáucaso y Asia Central, hasta el Extremo Oriente ruso, englobando a una población de más de 1.200 millones de personas. Sus 56 Estados participantes trabajan en conjunto al servicio de unos valores, metas y compromisos comunes que tienen por objeto reforzar la seguridad y promover la prosperidad en su región.

También existen declaraciones de principios sobre el control de las exportaciones, como el Código de Conducta de la UE firmado en 1998, que recomienda no exportar a países en conflicto o que violen los derechos humanos.

Los embargos y los Códigos de Conducta no son vinculantes. El Código de Conducta establece unas orientaciones generales, pero no concreta a qué países no se puede exportar armas. Así, un país de la UE puede prohibir una venta a un país determinado de acuerdo con el Código de Conducta, mientras que otro país de la UE la autoriza.

A continuación exponemos la lista de países sometidos a embargos por las Naciones Unidas, la Unión Europea o la OSCE a la exportación de armamento:

Países	Naciones Unidas	Unión Europea	OSCE
Armenia	Julio 1993 (v)		Marzo 1992*
Azerbaiyán	Julio 1993 (v)		Marzo 1992*
Bosnia-Herzegovina		Febrero 1996 Octubre 2001 (Mod)	
Costa de Marfil	Noviembre 2004		
China		Junio 1989 (v)	
Irak	Agosto 1990 Julio 2003 (Mod)	Agosto 1990 Mayo 2003 (Mod)	
Liberia	Marzo 2001 Diciembre 2003 (Mod)	Mayo 2001 Febrero 2004 (Mod)	
Myanmar (Birmania)		Julio 1991 Abril 2004 (Mod)	
Rep. Dem. Congo (Zaire)	Julio 2003	Abril 1993 Septiembre 2003 (Mod)	
Ruanda	Mayo 1994 Agosto 1995		
Sierra Leona	Junio 1998 Mayo 2000 (Mod)	Junio 1998	
Somalia	Enero 1992 Julio 2002 (Mod)	Diciembre 2002	
Sudán		Marzo 1994 Enero 2004 (Mod)	
Zimbabwe		Febrero 2002 Febrero 2004 (Mod)	
<p>Naciones Unidas (enero 2002) y la Unión Europea (mayo 2002) acordaron prohibir la exportación de armas y toda clase de equipos relacionados con éstas a Osama Bin Laden, miembros de Al-Qaida y Talibanes, así como otros individuos, grupos y organizaciones vinculados a ellos. Los embargos reflejados en esta tabla excluyen de la prohibición las exportaciones de equipos no letales para uso humanitario o para ciertos Organismos Internacionales y personal de las Naciones Unidas, así como aquellos destinados a acciones de desminado, salvo en el caso de China. En los embargos a Irak, Ruanda y Sierra Leona quedan excluidos de la prohibición los envíos de armas a sus Gobiernos.</p> <p>* La región de Nagorno-Karabakh está sometida a embargo por la OSCE.</p> <p>(v) Embargo voluntario.</p> <p>(Mod) Fecha de modificación.</p>			

Tabla 6: Países embargados por Naciones Unidas, la UE y la OSCE (Fuente: RevistasICE)

3.6.1.3 Legislación relativa a la exportación a nivel nacional

En España, quien decide autorizar o denegar una venta de armas de acuerdo con el Código de Conducta de la UE es la Junta Interministerial de Material de Defensa y de

Doble Uso (JIMDDU), formada por representantes de los sectores de comercio, de industria, y de relaciones exteriores.

Además, desde 1997, el Gobierno debe publicar un informe semestral que detalle las ventas españolas de armas.

3.6.2 Legislación relativa a la numeración de las armas de fuego y municiones

En la actualidad no existe una legislación a nivel europeo ni internacional que especifique cómo debe ser el marcado de un arma. Cada país debe establecer el código alfanumérico con el que marcar cada arma que fabrica y, en base a ello, disponer de toda la información que considere necesaria en relación a cada arma.

El marcado consiste en un código alfanumérico que debe garantizar que será único para cada arma. De él se obtienen datos como el fabricante y otros campos según el país, y sirve como identificación unívoca. Por otro lado las municiones también están sometidas a estos marcados.

En 2001, las Naciones Unidas realizaron la primera conferencia global sobre el comercio de armas pequeñas. El resultado fue la creación de un acuerdo global, no vinculante, el Programa de Acción (PoA) para prevenir, combatir y erradicar el tráfico ilícito de armas pequeñas y ligeras en todos sus aspectos.

Desde aquella primera reunión fueron realizados otros cuatro encuentros. En el último, realizado en la sede de la ONU en Nueva York, debería haberse hecho una revisión del PoA evaluando sus implementaciones y definiendo una agenda para los próximos años, pero no se logró ningún consenso para la creación de un documento final con metas y recomendaciones para establecer un acuerdo mundial.

Estas son los principales acontecimientos en la historia de la labor de las Naciones Unidas en materia de armas pequeñas y ligeras:

- **1995:** Resolución de la Asamblea General en la que se aborda por primera vez la cuestión de las armas pequeñas y ligeras en un foro de las Naciones Unidas.
- **1997:** Celebración de la Convención Interamericana Contra la Fabricación y el Tráfico Ilícitos de Armas de Fuego, Municiones, Explosivos y Otros Materiales Relacionados.
- **1999:** El Grupo de Expertos Gubernamentales sobre armas pequeñas presenta un informe (A/54/258).

- **Julio de 2001:** La Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Tráfico Ilícito de Armas Pequeñas y Ligeras en Todos sus Aspectos aprueba por unanimidad el Programa de Acción.
- **2002-2003:** Un Grupo de Expertos Gubernamentales sobre el rastreo de armas pequeñas y ligeras debate la viabilidad de un instrumento de marcado y rastreo.
- **Julio de 2003:** Se celebra la Primera Reunión Bienal de los Estados en Nueva York sobre la ejecución del Programa de Acción para prevenir, combatir y eliminar el tráfico ilícito de armas pequeñas y ligeras en todos sus aspectos.
- **Junio de 2005:** Los Estados convienen un instrumento para permitirles detectar y rastrear, en forma oportuna y fiable, las armas pequeñas y ligeras ilícitas.
- **Julio de 2005:** Entrada en vigor del Protocolo de Armas de Fuego. De este tratado destacamos el Artículo 2 donde se describe su finalidad:

Artículo 2

Finalidad

La finalidad del presente Protocolo es promover, facilitar y reforzar la cooperación entre los Estados Parte con el propósito de prevenir, combatir y erradicar la fabricación y el tráfico ilícitos de armas de fuego, sus piezas y componentes y municiones.

- **Julio de 2005:** Se celebra la Segunda Reunión Bienal de los Estados en Nueva York.
- **Julio de 2008:** Se celebra la Tercera Reunión Bienal de los Estados en Nueva York.

Independientemente de la ONU también han existido los siguientes acuerdos:

- El Documento de la OSCE sobre Armas Pequeñas y Armas Ligeras (2000).
- El Protocolo para combatir la fabricación ilícita y el tráfico de armas de fuego, sus piezas y componentes y municiones, que complementa la Convención de las Naciones Unidas contra la Delincuencia Organizada Transnacional (2001).
- El Protocolo sobre el control de las armas de fuego, las municiones y otros materiales relacionados en la región de la Comunidad del África Meridional para el Desarrollo (2001).
- El Protocolo de Nairobi para la prevención, el control y la reducción de armas pequeñas y ligeras en la región de los Grandes Lagos y el Cuerno de África (2004).

3.7 Numeración de armas de fuego y municiones en España

En España la numeración viene regulada por el **Reglamento de Armas**. Este Reglamento es la norma que rige en la obtención de la licencia de armas deportivas, obligatoria para el uso de las mismas. El procedimiento español para la obtención de una licencia de este tipo es considerado como el más restrictivo y exigente de toda la Unión Europea.

El documento legal fue creado mediante el Real Decreto 137/1993, de 29 de enero y publicado en el BOE número 55 de 1993, del que extraemos el artículo 28 ya que destaca cómo debe ser la numeración de las armas de fuego:

REAL DECRETO 137/1993, de 29 de enero y publicado en el BOE número 55 de 1993.
Reglamentos de Armas

ARTÍCULO 28.

1. Todas las armas de fuego tendrán las marcas de fábrica correspondientes, la numeración correlativa por tipo de armas y el punzonado reglamentario de un banco oficial de pruebas español o reconocido por España. También llevarán numeración correlativa las armas de las categorías 3..3, 4. y 7. 1, 2 y 3.

2. La numeración de fábrica será compuesta, y deberá constar en todo caso de las siguientes partes:

- a) Número asignado a cada fábrica por la Intervención Central de Armas y Explosivos.*
- b) Número correspondiente al tipo del arma de que se trate.*
- c) Número secuencial de cada arma fabricada, comenzando cada año en el número 1.*
- d) Las dos últimas cifras del año de fabricación.*

Las partes reseñadas podrán constituir un número único o dos números, en los que se integren, respectivamente, las dos primeras y las dos últimas partes enumeradas.

3. Los fabricantes de armas de fuego que tengan contratos con órganos del Estado numerarán independientemente los armazones objeto de los mismos, poniendo en cada arma, en vez de la numeración a que se refiere el apartado anterior, la contraseña propia del órgano a que vaya destinado. Estas contraseñas serán:

- a) Para el Ejército de Tierra: E.T. y numeración correlativa.*
- b) Para la Armada: F.N. y numeración correlativa.*
- c) Para el Ejército del Aire: E.A. y numeración correlativa.*
- d) Para los Cuerpos comunes de las Fuerzas Armadas: M.D. y numeración correlativa.*

- e) Para la Guardia Civil: G.C. y numeración correlativa.*
- f) Para el Cuerpo Nacional de Policía: C.N.P. y numeración correlativa.*
- g) Para el Servicio de Vigilancia Aduanera: S.V.A. y numeración correlativa.*
- h) Para los Cuerpos de Policía de las Comunidades Autónomas: La letra de identificación correspondiente y numeración correlativa.*

4. También podrán numerar independientemente las armas que fabriquen para suministros a Gobiernos extranjeros. La Guardia Civil verificará la existencia de los correspondientes contratos y controlará las numeraciones especiales.

El único organismo que regula la numeración es La Comisión Internacional Permanente para la Prueba de Armas de Fuego, basándose en el Convenio para el reconocimiento recíproco de punzones de prueba de armas de fuego portátiles y en el Reglamento, aprobados en Bruselas el 1 de julio de 1969.

En su seno se han firmado diversos Convenios Internacionales entre las partes para el reconocimiento recíproco de los punzones de los bancos oficiales de pruebas. Eso sirve como homologación del sistema que se usa para marcar las armas. Así se reconoce como oficial un determinado tipo de numeración.

3.8 Organismos competentes en materia de armamento en la Unión Europea

El 7 de febrero de 1992 se firma el Tratado de Maastricht, que constituye la creación oficial de la Unión Europea. Con entrada en vigor el 1 de noviembre del año siguiente, modifica los Tratados fundacionales de las Comunidades Europeas (Tratado de París de 1951, los Tratados de Roma de 1957 y el Acta Única Europea de 1986) logrando por primera vez establecer la vocación de área política común. Posteriormente fue modificado con el Tratado de Ámsterdam y el Tratado de Niza.

Con la constitución de la UE, los países que la forman adoptan políticas comunes, entre las que destaca el establecimiento de una política exterior y de seguridad común.

En este punto, la Unión pasó a estar legalmente compuesta de tres pilares entre los que se encontraba el PJC (*Police and Judicial Cooperation in Criminal Matters*). Este organismo se encargó, hasta su desaparición con la entrada en vigor del Tratado de Lisboa en 2009, de tres importantes agencias en materia de seguridad: Eurojust, Europol y Cepol. Pese a esta desaparición, los tres cuerpos siguen activos y juegan un papel vital en el seno de Europa, con competencias importantes para la lucha contra delitos tanto en el interior como en las fronteras de la Unión.

3.8.1 Eurojust

Eurojust es un órgano de la UE creado en 2002 cuya misión es fomentar y mejorar la coordinación entre las autoridades competentes de los Estados miembros de la Unión respecto a las investigaciones y actuaciones judiciales relacionadas con formas graves de delincuencia organizada y transfronteriza.



Figura 22: Logotipo de Eurojust

En el marco de investigaciones y actuaciones que afecten a dos o más Estados miembros, Eurojust se esfuerza por fomentar y mejorar la coordinación entre las autoridades nacionales, teniendo en cuenta toda solicitud presentada por una autoridad competente de un Estado miembro y toda información aportada por cualquier órgano competente en virtud de disposiciones adoptadas en el marco de los Tratados (Red Judicial Europea, Europol y OLAF¹⁸).

Otro objetivo de Eurojust es mejorar la cooperación entre las autoridades competentes, en particular facilitando la ejecución de la asistencia judicial internacional y de las órdenes de detención europeas. Así mismo, también apoya a las autoridades competentes para dar mayor eficacia a sus investigaciones y actuaciones.

Además, puede prestar su apoyo a investigaciones y actuaciones que afecten a un Estado miembro y a un tercer país o a un Estado miembro y a la Comisión en relación con cualquier infracción penal contraria a los intereses financieros de la Comunidad Europea. Eurojust busca reforzar la eficacia de las autoridades nacionales en la lucha contra las formas graves de delincuencia organizada y transfronteriza (terrorismo, trata de seres humanos, narcotráfico, fraude y lavado de dinero), con el fin de lograr una mayor eficacia en las investigaciones y detenciones de este tipo de criminales.

Eurojust actúa a través de sus miembros nacionales o de forma colegiada¹⁹. En sus actuaciones puede solicitar a las autoridades nacionales competentes que lleven a cabo una investigación o unas actuaciones judiciales sobre hechos concretos, reconocer que una de ellas esté en mejores condiciones para hacerlo, coordinar las autoridades competentes de que se trate, crear un equipo conjunto de investigación o facilitar cuanta información sea necesaria para desempeñar sus funciones.

¹⁸ Oficina de Lucha Antifraude de la Unión Europea.

¹⁹ Según la RAE, un tribunal colegiado es aquel que se forma con tres o más individuos, por contraposición al tribunal unipersonal.

Otras de las funciones de esta entidad es garantizar el intercambio de información entre las autoridades competentes y prestar ayuda para mantener la coordinación y cooperación posibles, facilita apoyo logístico y puede organizar reuniones de coordinación entre las autoridades judiciales y policiales de los Estados miembros, con el fin de resolver cuestiones jurídicas y problemas prácticos.

3.8.2 Europol

Europol entró en funcionamiento el 1 de julio de 1999. Es el cuerpo policial de la Unión Europea cuyo objetivo es hacer de este territorio un lugar más seguro, ayudando a los servicios policiales de los Estados miembros de la Unión en la lucha contra las formas graves de delincuencia y terrorismo internacional.



Figura 23: Logotipo de Europol

Este organismo cuenta con sede en La Haya, en los Países Bajos, y en él trabajan más de 620 personas, colabora con los servicios policiales de todos los Estados miembros de la Unión y con otros más como Australia, Canadá, Noruega o Estados Unidos.

Una particularidad de este cuerpo policial es que no efectúa detenciones ya que esa función queda delegada a las autoridades de cada país de la Unión. Su misión, pues, se centra en gestionar y compartir información y en coordinar las operaciones con el resto de policías, actuando para ello en equipos conjuntos de investigación. Destaca que, para ello, cuanta con más de 100 analistas de inteligencia criminal, considerados los mejores de Europa que se encargan, entre otros asuntos, del análisis de las bases de datos del Cuerpo.

El 1 de enero de 2010 se convirtió en una agencia de la Unión, para simplificar los procedimientos de reforma, que antes tenían que ser aprobados en la Convención de la Europol.

3.8.3 CEPOL

CEPOL es el Colegio Europeo de Policía (conocido en francés como la *College Europeen de Police*). Su antecedente más inmediato es la Asociación de Escuelas de Policía Europeas (AEPC), que se creó oficialmente en la Escuela de la Gendarmería de Bruselas, el 25 de enero de 1996. Nació como consecuencia de un acuerdo entre los Directores del *Police Staff College de Bramshill* (Reino Unido), del Instituto Nacional de Selección y

Formación de la Policía (LSOP) de los Países Bajos y de la *Polizei Führungsakademie* de Alemania.



Figura 24: Logotipo de CEPOL

En la reunión celebrada en Tampere (Finlandia) los días 15 y 16 de octubre de 1999, el Consejo de la Unión Europea convino en que debía crearse una Escuela Europea de Policía para la formación de funcionarios policiales de rango superior. Gracias al Consejo de la Unión Europea de 22 de diciembre de 2000, publicado en el Diario Oficial de las Comunidades Europeas 1336/1 de 30 de diciembre de 2000, se crea la Escuela Europea de Policía (CEPOL)

Según establece el artículo 1.2. de la Decisión del Consejo por la que se crea CEPOL, ésta se compone de una red que agrupa a los centros nacionales de formación de los funcionarios policiales de rango superior de los Estados miembros. Los directores de estos centros nacionales integran el Consejo de Gobierno de la Escuela. En España hay dos miembros en el Consejo de Gobierno; uno perteneciente al Cuerpo Nacional de Policía y el otro es el Director de la Academia de Oficiales de la Guardia Civil (AOGC).

Si varios directores proceden de un único Estado miembro forman una delegación y tienen un solo voto. La presidencia del Consejo de Gobierno corresponde al director de uno de los centros de formación del Estado miembro que asuma la Presidencia del Consejo de la Unión Europea (en el primer semestre de 2002, la presidencia del Consejo de Gobierno de CEPOL le correspondió al representante del Cuerpo Nacional de Policía). CEPOL dispone de una Secretaría permanente dirigida por un director administrativo que gestiona el presupuesto.

CEPOL fue creada con los siguientes objetivos:

- Profundizar el conocimiento de los sistemas y estructuras policiales nacionales de los Estados miembros de Europa y de la cooperación policial transfronteriza en la Unión Europea.
- Mejorar los conocimientos sobre los instrumentos internacionales, en particular los ya existentes a escala de la Unión Europea en el ámbito de la cooperación en la lucha contra la delincuencia.
- Dar una formación adecuada en lo que se refiere al respeto de las garantías democráticas, en particular los derechos de la defensa.
- Favorecer la cooperación entre la Escuela y los demás centros de formación.

3.9 Adecuación de la numeración al sistema propuesto

Para el sistema se necesita almacenar en formato digital (cadena de bits) una serie de datos que permitan saber qué arma está enviando una señal de forma inequívoca.

Actualmente los sistemas GNSS pueden enviar y recibir muy poca cantidad de bits, pero suficiente para nuestro sistema. Por ejemplo, con 30 bits se pueden obtener 1.073.741.824 combinaciones diferentes de datos, más que suficiente para identificar las 226 millones de armas de fuego cortas que se estima hay en el mundo, de las cuales habría que excluir las de colección.

3.10 Hacia una legislación común de la UE en materia de defensa

El desarrollo de un sistema que permita detectar la posición y uso de armas de fuego tiene que venir necesariamente acompañado de una legislación adecuada y común para todos los estados miembros. Ya existen importantes acuerdos y organismos implicados en este terreno que facilitarán la implantación del sistema que proponemos en este trabajo.

En 1996 y 1997 la Comisión de Comunidades Europeas elaboró dos comunicaciones para fomentar la reestructuración industrial e incrementar la eficiencia del mercado europeo de equipo de defensa. Algunas de las ideas propuestas en ellas se llevaron a buen término. Sin embargo, los Estados miembros no actuaron en diversos ámbitos esenciales, pensando tal vez que las propuestas eran prematuras. Tras un período de transformación en este sector y en el marco institucional de la UE, incluidos los inicios de una verdadera Política Europea de Seguridad y Defensa (PESD), el Parlamento Europeo, en una resolución de 10 de abril de 2002, pidió a La Comisión que presentara una nueva Comunicación en un contexto en el que La Comisión desarrolla perspectivas para el refuerzo de la posición industrial y comercial de las empresas europeas de defensa, con el propósito de incrementar la capacidad de la Unión Europea para desarrollar una Política Europea de Seguridad y Defensa capaz de reforzar la posición europea en la escena internacional. Por su interés, hacemos referencia a parte de las conclusiones de La Comisión:

ACTO

Comunicación de la Comisión, de 11 de marzo de 2003, relativa a la defensa europea. «Hacia una política de la UE en materia de equipo de defensa».

3) SÍNTESIS

Contexto

Los países de la Unión Europea dedican una suma de 160 000 millones al año a financiación militar, mientras que los Estados Unidos se gastan 390 000 millones al año. Por otra parte, la «capacidad militar real» de la UE se estima en sólo un 10 % de la norteamericana. Eso significa que los Estados miembros de la UE gastan dos veces menos que los Estados Unidos en defensa.

La Comunicación tiene por objeto mejorar la eficacia y el rendimiento del gasto público en materia de armamento.

La existencia de una política de defensa y de una base industrial adecuada podrían no solamente contribuir al reequilibrio de la posición de la UE respecto a los Estados Unidos, sino también a mejorar la seguridad colectiva en el marco de la OTAN. Esto es tanto más cierto cuanto que, para ser eficaces, las fuerzas europeas multinacionales - Eurocorps, Eurofor, Euromarfor y, en el futuro, la Fuerza de Reacción Rápida -, definidas en el ámbito de la PESD por el objetivo global de Helsinki, requieren una mayor interoperabilidad de los armamentos nacionales o incluso la utilización de equipos similares.

Los Consejos Europeos de Colonia y de Helsinki (1999) condujeron a avances en la marcha hacia una política europea de seguridad y de defensa (PESD). Se crearon nuevas estructuras, como un comité político y de seguridad o un comité militar y un estado mayor militar. Además, a comienzos del año 2003 se formalizó una mejor cooperación con la OTAN mediante los acuerdos «Berlín +», para que la UE pudiera acceder a las capacidades de la OTAN para operaciones iniciadas en el ámbito de la PESD.

Todas las políticas deberán contribuir para hacer de la Unión Europea la economía basada en el conocimiento más competitiva y más próspera del mundo, como preconizaba el Consejo de Lisboa en marzo de 2000. El dinamismo de la industria y el de la defensa son cruciales a este respecto. Pero la industria de la defensa tiene necesidad del desarrollo de «políticas eficaces de acompañamiento», como el comercio, el mercado interior, la investigación y la competencia.

El artículo 296 del Tratado sobre las Comunidades Europeas restringe la apertura del mercado de los equipos de defensa y el comercio, y da derecho a los Estados miembros a proteger sus intereses esenciales en los ámbitos vinculados a su seguridad.

Una distinción más clara entre las reglas que son competencia del pilar comunitario y las del pilar de política exterior y de seguridad común haría más fácil la instauración de normas comunes en materia de equipos de defensa.

Del mismo modo hacemos referencia a otro documento de la Comisión que insta a la Unión a tener un mayor control sobre armamento dentro de sus fronteras. Reproducimos un resumen del mismo por su interés en el campo a estudiar:

**COMUNICACIÓN DE LA COMISIÓN
RELATIVA A LAS MEDIDAS PARA GARANTIZAR UNA MAYOR SEGURIDAD
EN EL CONTROL DE LOS EXPLOSIVOS, DETONADORES, MATERIAL PARA
LA FABRICACIÓN DE BOMBAS Y ARMAS DE FUEGO**

El uso de explosivos contra ciudadanos inocentes ha sido el método más común utilizado por los terroristas para inculcar el miedo en la población de los estados occidentales. En octubre de 2003, el Consejo JAI²⁰ concluyó que no era necesario introducir nuevas medidas en relación con el almacenamiento y el transporte de explosivos. Sin embargo, tras los ataques terroristas en Madrid del 11 de marzo de 2004 empezó a crearse un consenso en los Estados miembros de la UE en torno a la necesidad de explorar un sistema más armonizado que evitaría que los explosivos, los detonadores, el material para fabricar bombas y las armas de fuego caigan en las manos de terroristas. En su Declaración de 25 de marzo de 2004, el Consejo Europeo reconoció la "necesidad de garantizar que se impida a las organizaciones terroristas y a los grupos acceder a los componentes de su comercio". En especial, reconoció "la necesidad de garantizar una mayor seguridad en el control de las armas de fuego, los explosivos, el material para fabricar bombas y las tecnologías que contribuyen a la perpetración de actos terroristas". Además, el Plan de Acción revisado sobre la lucha contra el terrorismo de junio de 2004 solicitó al Consejo y a la Comisión examinar la posibilidad de medidas destinadas a garantizar una mayor seguridad de los explosivos.

El siguiente informe que apuntaba a la necesidad de incrementar las medidas de control y seguridad durante la cadena de suministro de armas de fuego y explosivos fue el creado por la *Comisión relativa a las medidas para garantizar una mayor seguridad en el control de los explosivos, detonadores, material para la fabricación de bombas y armas de fuego* que vio la luz el 18 de agosto de 2005. Escogemos a continuación los fragmentos más relevantes de la comunicación de esta Comisión recogidos en el punto tercero, donde se hace referencia a la cadena de suministro de armas de fuego y explosivos en territorio europeo:

3. ALMACENAMIENTO, TRANSPORTE Y TRAZABILIDAD

Como sugiere el programa de La Haya, el núcleo de esta Comunicación es el almacenamiento, el transporte y la trazabilidad. Las medidas de seguridad para el almacenamiento de explosivos a través, por ejemplo, de medios físicos y normas eficientes de contabilidad y auditoría, son cruciales para impedir que los terroristas adquieran productos legalmente fabricados a través del hurto o de la malversación. Mientras que la transparencia es la clave para facilitar el control detallado de las transferencias de tales productos, las técnicas de trazabilidad (como el marcado y el uso de etiquetas) son útiles para hacer un seguimiento del ciclo vital de los explosivos y para detectar transferencias peligrosas y una posesión sospechosa. Deben explorarse los métodos para obligar a quienes negocian con explosivos a informar sobre cualquier transacción sospechosa. Además, los productos peligrosos en tránsito - tales como los explosivos y todo el material y los dispositivos relacionados con las bombas - pueden ser objeto de un ataque directo o ser ilegalmente desviados a un destino distinto del previsto. Las medidas de seguridad y

²⁰ El Consejo JAI (*Justice et Affaires Intérieures*) es el predecesor de PJC.

trazabilidad deben por lo tanto también convertirse en un aspecto clave en todas las etapas de la cadena de suministro.

Las medidas para combatir el terrorismo deberían abordar todas las fuentes posibles. Es necesario un planteamiento completo del problema puesto que la detectabilidad reforzada de algunos explosivos/detonadores podría incitar a los terroristas a utilizar en su lugar otros dispositivos o sustancias que podrían ser aún más difíciles de detectar.

(...)

En el marco del programa de no proliferación de su unidad antiterrorista, Europol propondrá un apoyo operativo a las investigaciones de los Estados miembros y difundirá productos estratégicos. Europol realiza actualmente un estudio de viabilidad en el ámbito del tráfico ilícito de las armas de fuego con el fin de determinar si es posible abrir en 2005 un fichero de análisis sobre las armas de fuego ilícitas. Además, el desarrollo de las competencias de la Unión Europea en materia de seguimiento de las armas de fuego ilícitas se inscribe en el programa de trabajo de Europol para 2005.

Podría evaluarse la oportunidad de establecer un instrumento legislativo por el que se fijen unas normas comunes que regulen la notificación acerca de las armas de fuego incautadas o recuperadas después de un uso criminal, o de las armas de fuego desviadas, perdidas o robadas. Este instrumento facilitaría el intercambio de información con fines de investigación e introduciría un denominador común para instaurar un método de análisis de la información.

Armas de fuego - Régimen de licencias de importación y exportación y otros aspectos de la aplicación del protocolo de las Naciones Unidas

La Comisión presentará una propuesta de Reglamento del Consejo relativa a un sistema de licencias de importación y exportación para las armas de fuego antes del 2007 tras un proceso de consulta interno con los Estados miembros y las partes interesadas.

*Este Reglamento se destinará a aplicar el artículo 10 del **Protocolo de las Naciones Unidas contra la fabricación y el tráfico ilícitos de armas de fuego, sus partes, elementos y municiones** en la legislación comunitaria. Dado que la aplicación de este Protocolo cubre un amplio abanico de cuestiones como las aduanas, los intercambios comerciales, los explosivos, el mercado interior y las relaciones exteriores, la propuesta tendrá debidamente en cuenta todos estos elementos.*

Además, la Comisión propondrá en 2005 una modificación técnica de la Directiva 91/477 con el fin de integrar las disposiciones pertinentes exigidas por el Protocolo por lo que se refiere a las transferencias intracomunitarias de armas previstas en la Directiva y, más concretamente, el artículo 10 de este mismo Protocolo sobre las obligaciones generales acerca de los sistemas de licencias o autorizaciones de exportación, importación y tránsito. El sistema operativo de licencias de exportación e importación representará una herramienta importante de control y seguimiento de las exportaciones e importaciones de armas de fuego procedentes de la Unión Europea o con destino a ésta y, en consecuencia, contribuirá a los mecanismos de prevención e investigación relativos al terrorismo. Sin

embargo, este régimen mejorado de importación y exportación es sólo uno de los elementos de la prevención del tráfico ilícito de las armas de fuego y debe combinarse con una gestión eficaz de las fronteras, incluida una política activa de vecindad en este ámbito.

3.11 Control de fronteras

La Agencia Europea para la Gestión de la Cooperación Operativa en las Fronteras Exteriores (FRONTEX) de los Estados miembros de la Unión Europea fue creada por el Reglamento 2007/2004 del Consejo (26.10.2004, DO L 349/25.11.2004). Su fin es mejorar la gestión integrada de las fronteras exteriores de los Estados miembros de la Unión.



Figura 25: Logotipo de FRONTEX

Aunque los Estados miembros son responsables del control y la vigilancia de las fronteras exteriores, la Agencia facilita la aplicación de las medidas comunitarias relativas a la gestión de estas fronteras. Financiada mediante subvenciones de la UE, el objetivo de FRONTEX es coordinar la cooperación operativa entre Estados miembros en el ámbito de la gestión de las fronteras exteriores; ayuda a los Estados miembros en la formación de los guardias fronterizos nacionales, incluido el establecimiento de normas comunes de formación; lleva a cabo análisis de riesgos; hace un seguimiento de la evolución en materia de investigación relacionada con el control y la vigilancia de las fronteras exteriores; asiste a los Estados miembros en circunstancias que requieren un aumento de la asistencia técnica y operativa en las fronteras exteriores; y proporciona a los Estados miembros el apoyo necesario para organizar operaciones conjuntas de retorno.

Con sede en Varsovia, FRONTEX está muy vinculado con otros socios de la Comunidad y de la UE responsables de la seguridad de las fronteras exteriores, tales como EUROPOL, CEPOL, OLAF, la cooperación aduanera y la cooperación en controles fitosanitarios y veterinarios, con el fin de fomentar la coherencia general. Esta institución busca, además, fortalecer la seguridad fronteriza garantizando la coordinación de las acciones de los Estados miembros en la ejecución de medidas comunitarias relativas a la gestión de las fronteras exteriores.

La sede del programa para el control de las fronteras exteriores de la Unión Europea en España se encuentra en la ciudad de Las Palmas de Gran Canaria.

3.12 Estudio de la evolución del mercado de la seguridad en la UE

Los cambios en la tendencia de los mercados de armas fue objeto de estudio por parte de la Unión Europea para saber cuál será la tendencia en los próximos años dentro de esta industria. Por medio de la Comisión Europea, se encargó un estudio a la consultora ECORYS para que analizase el entorno competitivo en el que juega la UE y averiguar hasta qué punto y en qué campos se verá reforzada la presencia del sector privado en la fabricación de armas y sistemas de seguridad.

3.12.1 Nuevos sectores en el mercado de la seguridad

Dentro de la industria de la seguridad, no existe una diferencia clara en la clasificación de las actividades industriales dedicadas a dicha materia. De hecho, la producción y suministro de equipos relacionados con la seguridad y los sistemas, servicios y aplicaciones, se pueden encontrar en una amplia gama de la industria.

Esto puede atribuirse, por una parte, al hecho de que la naturaleza de las amenazas contra la seguridad que existen en la actualidad y las preocupaciones por ellas pueden variar rápidamente, dependiendo de por quién y a qué nivel social son evaluadas; por otra parte, la naturaleza de las amenazas y la percepción de la gravedad varían con el tiempo.

Teniendo en cuenta la naturaleza de las amenazas y prioridades y, por otro lado, la ley de la oferta y la demanda, podemos establecer que actualmente existe un panorama general del mercado de la seguridad clasificable en dos categorías diferentes de amenazas para la seguridad:

- **Seguridad tradicional:** Aquella que corresponde a la protección contra las amenazas originadas o nacidas en el interior de un territorio, tales como la actividad criminal ordinaria, la protección contra incendios, etc.
- **“Nueva” seguridad:** Relativa a la protección de amenazas externas a un país o una región determinada, como pueden ser el terrorismo, el crimen organizado, la delincuencia cibernética, etc. y también incluida la protección contra grandes catástrofes y los medios materiales que se emplean para afrontarlos.

En términos de una clasificación general centrada en la demanda podemos diferenciar cuatro segmentos de demanda a nivel institucional, acompañados de un resumen del campo en el que intervienen:

- **Defensa militar para la seguridad interna:** Infraestructura militar ante grandes crisis.
- **Seguridad civil (administraciones públicas no militares):** Lucha contra el terrorismo, orden civil, respuesta ante emergencias, etc.
- **Colaboración entre sector público y privado:** Infraestructuras críticas.
- **Sector privado:** Para el que la diferenciación puede hacerse sobre la base del grado de vulnerabilidad potencial de "nuevas" amenazas de seguridad.

Desde una perspectiva de la oferta, se identifican tres segmentos principales de la industria de la seguridad:

- **Industria de la seguridad tradicional:** En torno a la oferta de aplicaciones de seguridad en general (por ejemplo, control de acceso físico, intrusión y detección de incendios, circuito cerrado de televisión / vídeo-vigilancia, etc.) que corresponden fundamentalmente a la protección contra los fallos de seguridad “tradicionales”, pero que, sin embargo, puede ser una parte integral de las respuestas globales a las “nuevas” amenazas a la seguridad.
- **La seguridad orientada a la industria de defensa:** sobre la base de la aplicación de tecnologías relacionadas con la defensa en el ámbito de la seguridad orientada a empresas han adquirido y/o adaptado tecnologías “civiles” para hacer frente a las necesidades de los mercados de seguridad. Esto corresponde fundamentalmente a la protección contra “nuevas amenazas de seguridad”.
- **Nuevos desarrollos:** para el que cabe distinguir entre proveedores de otros sectores de la industria civil de productos de seguridad que tienden a basarse en la ampliación de los sistemas actuales, tecnologías para aplicaciones de seguridad, o la puesta en marcha de empresas basadas en el desarrollo y comercialización de tecnologías de seguridad innovadoras.

3.12.2 Evaluación de la competitividad de determinados segmentos de la industria de seguridad de la UE

Teniendo en cuenta la limitada disponibilidad de información existente sobre la industria de la seguridad dentro de la UE y la ausencia de análisis de la posición competitiva de la industria y la del rendimiento, el enfoque adoptado por el estudio fue centrar su análisis en seis segmentos de la industria de seguridad que se consideran de especial relevancia teniendo en cuenta las prioridades de la política de seguridad. Los segmentos son:

- **Transporte aéreo de mercancías:** Detección e identificación de mercancías peligrosas o potencialmente peligrosas para su transporte aéreo.
- **Transporte marítimo de mercancías:** Seguimiento y rastreo de bienes para el transporte marítimo seguro.
- **CBRNE:** Detección de sustancias médicas, biológicas, radiológicas, nucleares y explosivas.
- **Biométrica:** Soluciones biométricas de control de entrada a áreas protegidas, edificios o actos.
- **Comunicaciones seguras:** Comunicaciones móviles, sistemas de comunicación ad-hoc²¹ para operaciones en caso de incidente, crisis o desastres.

²¹ Ad-hoc es una locución latina que significa literalmente “para esto”. Generalmente se refiere a una solución elaborada específicamente para un problema o fin preciso y, por tanto, no es generalizable ni utilizable para otros propósitos. Se usa pues para referirse a algo que es adecuado sólo para un determinado fin. En redes de comunicación, una red ad-hoc es aquella (especialmente inalámbrica) en la que no hay un nodo central, sino que todos los dispositivos están en igualdad de condiciones.

- **Ropa protectora:** Tejidos protectores e inteligentes y ropa para actividades peligrosas o para primeras intervenciones.

En términos de reparto del mercado según la importancia de la demanda, provenga del sector público o privado, a continuación presentamos un gráfico que representa los sectores dedicados a la seguridad europea, teniendo en cuenta el nivel relativo de gasto público y privado (eje horizontal) y si pueden considerarse “tradicionales” o mercados emergentes (“nuevos mercados de seguridad”). El volumen de mercado de cada uno de los sectores está representado proporcionalmente según el tamaño de los círculos.

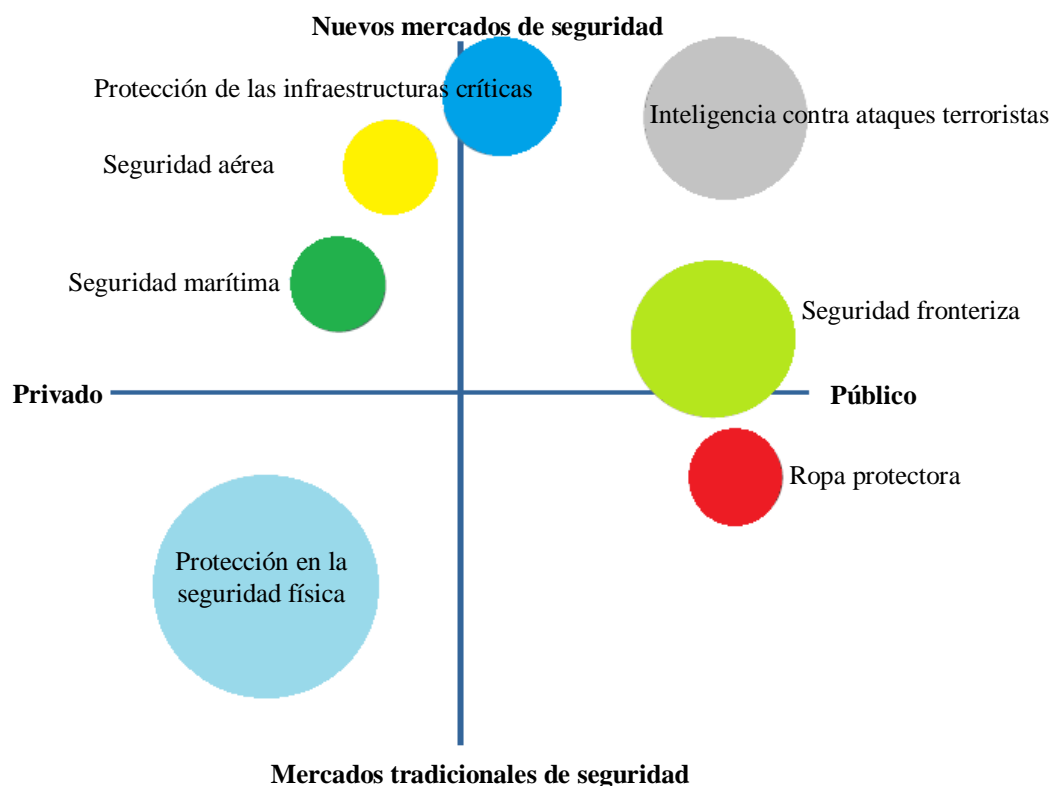


Figura 26: Volumen de mercado de los distintos sectores de la industria de la seguridad según su desarrollo en el ámbito privado y/o público (fuente: ECORYS)

3.12.3 Factores determinantes de los cambios en el mercado de la seguridad

Los principales impulsores de los niveles de la demanda global en los mercados de equipos de seguridad pueden resumirse como sigue:

- **Las condiciones económicas generales:** La demanda global de seguridad está relacionada con el nivel general de actividad económica.

- **Percepciones de las amenazas de seguridad:** Los cambios en el modus operandi de los terroristas, la delincuencia organizada, o la aparición de "nuevos tipos" de los sucesos catastróficos o crisis son los principales motores tanto del nivel general de la demanda de equipos de seguridad como, también, para los tipos de capacidades y soluciones de seguridad requeridas por el mercado. A este respecto, el mercado es en gran medida reactivo, respondiendo con hechos concretos que ponen de relieve las amenazas de seguridad específicas. La demanda puede responder muy rápidamente a un nuevo evento pero esto puede ser también seguido por una disminución relativamente rápida, a medida que la percepción de la amenaza puede disminuir. Los acontecimientos concretos son, por naturaleza, impredecibles, por lo que es muy difícil establecer un patrón de la demanda a largo plazo.
- **Marcos reguladores y respuestas gubernamentales:** La normativa puede servir para establecer requisitos mínimos de seguridad dentro de los segmentos de mercado al que se refieren. En términos más generales, también pueden servir para establecer una "hoja de ruta" para el desarrollo de los requisitos de seguridad en el tiempo.
- **Desarrollo tecnológico:** La tecnología es un factor fundamental del desarrollo de la industria de la seguridad. El sector se caracteriza por las tecnologías propietarias, que son un elemento crucial para la competitividad de las empresas²². El desarrollo tecnológico y la innovación no son sólo una respuesta a las necesidades del mercado, también puede servir para estimular la demanda y crear nuevos mercados.

²² Es necesario señalar que, al igual que sucede en otros sectores con un enfoque de alta tecnología, la protección de la propiedad intelectual es una preocupación importante para el sector. Evidentemente, también hay una importante preocupación en la protección de la propiedad intelectual en términos de garantizar que la información sobre las capacidades de la tecnología no caiga en manos de los terroristas, la delincuencia organizada, etc.

Capítulo 4

Tecnología y funcionamiento del sistema propuesto

Toda la infraestructura de GALILEO servirá para apoyar el sistema de control automatizado de armas de fuego cuyo desarrollo se plantea en este trabajo. Sin embargo, aún es necesario ahondar en cómo estará integrado el dispositivo receptor de datos al sistema GNSS, que en nuestro caso se trata de las armas de fuego ligeras.

En el presente capítulo estableceremos un estudio acerca de los avances tecnológicos en fuentes de alimentación y circuitos integrados, en ambos casos a nivel microscópico, que permitan integrarse con un localizador GALILEO y poder ser emplazados en el interior de un arma de fuego. Además, se valorará en qué parte del arma debe colocarse el mencionado dispositivo y se resumirá el funcionamiento completo del sistema y del software que irá asociado al mismo.

4.1 Análisis de las posibles tecnologías a emplear

En este punto del estudio tenemos que encontrar la forma de alimentar con energía un dispositivo receptor, con la dificultad añadida de que deberá estar en el interior de un arma. Muchos de los usuarios de pistolas, en especial delincuentes, tratarán de inutilizar el sistema para que no funcione y no pueda ser localizada su arma ni tener constancia de si ha sido usada. Además, el emplazamiento en el interior fuerza a buscar elementos de muy pequeño tamaño, ligeros, baratos, de gran resistencia y que soporten altas temperaturas.

En primer lugar vamos a proceder a describir las tecnologías existentes o en estudio relativas a las baterías para ver cuál se adapta a las necesidades de nuestro sistema.

4.1.1 Baterías: Tecnología actual

Se necesita una fuente de alimentación que pueda ser introducida en un arma de fuego sin alterar su funcionamiento, imposibilitando su destrucción una vez introducida, y que no modifique las dimensiones del arma ni incremente en exceso el precio de producción.

Hoy en día la fuente de alimentación de aparatos electrónicos compactos más popular es la batería de ión de litio o ión-litio. Ofrece una serie de ventajas con respecto al resto de las existentes en la actualidad, entre las que destacamos:

- No tienen elementos contaminantes.
- Facilidad para saber la carga que almacenan. Basta con medir, en reposo, el voltaje de la batería. La energía almacenada es una función del voltaje medido.

Por el contrario, estas baterías ocupan un gran volumen para ser insertadas en un arma de forma segura y no soportan las altas temperaturas que se alcanzan en la mayoría de las partes internas de las armas de fuego.



Figura 27: Batería de Ión Litio

4.1.2 Baterías basadas en nanotubos de carbono

Como ha quedado latente en el apartado anterior, la tecnología actual de las baterías no es adecuada para ser incorporada en armas de fuego ligeras debido a problemas de tamaño y tolerancia a altas temperaturas. El segundo inconveniente podría ser solventado en unos años, pero no hay ningún indicio que nos permita pronosticar que habrá una reducción drástica de las dimensiones de las baterías tradicionales. Nos vemos, por tanto, obligados a buscar otro modo de alimentar los localizadores del sistema GALILEO.

Recientemente se ha logrado un sistema de alimentación adecuado para nuestro caso: se trata de unir una serie de capas de nanotubos de carbono capaces de transportar gran cantidad de energía eléctrica. La unión de varias capas de nanotubos da lugar a los conocidos como nanotubos multi-pared (MWNT).

Los nanotubos de carbono son una forma alotrópica²³ del carbono cuya estructura puede considerarse procedente de una lámina de grafito enrollada sobre sí misma dando lugar a un cilindro donde el radio suele ser inferior a un par de nanómetros²⁴ y, sin embargo, la longitud puede llegar a ser incluso de 10^5 nm. Dependiendo del grado de enrollamiento y la manera en cómo se conforma la lámina original, el resultado puede llevar a nanotubos de distinto diámetro y geometría interna.

Existen, también, nanotubos cuya estructura se asemeja a la de una serie de tubos concéntricos, incluidos unos dentro de otros, dando lugar a los conocidos como nanotubos multicapa.

A este tipo de mecanismo de alimentación basado en nanotubos de carbono se le llama supercondensador ya que no es una batería al no emplear elementos químicos para producir reacciones que aporten energía, sino que deben ser considerados condensadores por el modo en que la almacenan.

Las baterías mantienen bastante constante su tensión en bornes durante su vida útil. En cambio, en los condensadores la tensión cae constantemente (linealmente si la corriente de descarga es constante).

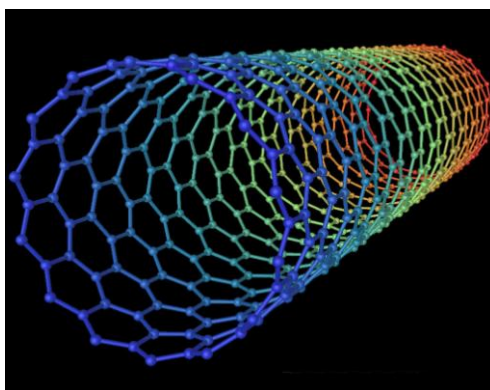


Figura 28: Estructura de un nanotubo de carbono

Los supercondensadores mejorados con nanotubos (tanto de pared simple o múltiple) combinan la larga durabilidad y alta potencia de los supercondensadores comerciales con la mayor densidad de almacenamiento propia de las baterías químicas. Por tanto, pueden ser utilizados en muchas aplicaciones de almacenamiento de energía.

²³ Propiedad que poseen determinados elementos químicos de presentarse bajo estructuras moleculares diferentes. Para que a un elemento se le pueda denominar como alótropo, sus diferentes estructuras moleculares deben presentarse en el mismo estado físico.

²⁴ Unidad de longitud que equivale a una milmillonésima parte de un metro. Su notación física es nm.

4.1.2.1 Propiedades eléctricas de los nanotubos de carbono

Estas estructuras tienen como propiedades eléctricas fundamentales, desde un comportamiento semiconductor hasta presentar, en algunos casos, superconductividad. Este amplio margen de conductividades viene dado por relaciones fundamentalmente geométricas, es decir, en función de su diámetro, torsión (quiralidad, un tipo de simetría) y el número de capas de su composición.

En cuanto a la capacidad para transportar corriente, se sabe que puede llegar a cantidades de, aproximadamente, mil millones de A/cm², mientras que los alambres de cobre convencionales se funden al llegar a densidades de corriente del orden del millón de A/cm². Conviene precisar que todas estas propiedades son independientes del largo del tubo, a diferencia de lo que ocurre en los cables de uso cotidiano.

Los supercondensadores mejorados con nanotubos (tanto de pared simple como múltiple) combinan la larga durabilidad y alta potencia de los supercondensadores comerciales con la mayor densidad de almacenamiento propia de las baterías químicas. Por tanto, pueden ser utilizados en muchas aplicaciones de almacenamiento de energía.

A modo de resumen presentamos una tabla donde se recogen los diferentes tipos de nanotubos y sus numerosas aplicaciones para comprender que, en un corto plazo, su uso será generalizado.

Tipo de nanotubo	Aplicación futura
Metálicos	Nanocircuitos: Interconectores
Semiconductores	Nanocircuitos: Diodos, Transistores
Emisión de campo	Pantallas planas, lámparas y tubos luminiscentes, tubos de rayos catódicos, litografía por haz de electrones, fuentes de rayos X, amplificadores de microondas, tubos de descarga en redes de telecomunicaciones, microscopios electrónicos de barrido, nanotriodos,
Resuenan mecánicamente ante una señal electromagnética incidente (por fuerzas de Coulomb)	Filtros RF
Comportamiento resistivo, capacitivo e inductivo	Filtros RF
Se deforman en presencia de un campo eléctrico por fuerzas electrostáticas	Memorias
Transforman la luz en electricidad y producen luz al inyectarles exceso de carga	Dispositivos optoelectrónicos

Tabla 7: Tipos de nanotubos y aplicaciones futuras (Fuente: Oficina de Transferencia de Resultados de Investigación Subdirección General de Relaciones Institucionales y Política Comercial – Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial)

4.1.2.2 Propiedades mecánicas de los nanotubos de carbono

Respecto a las propiedades mecánicas de esta tecnología, los resultados de los distintos estudios llevados a cabo ofrecen resultados dispares. Pese a ello, estamos ante la fibra más resistente que se puede fabricar hoy día. El resultado de las investigaciones que ofrecen datos de resistencia más aceptados afirman que los nanotubos son diez veces más resistentes que el acero, y seis veces más ligeros, aunque se trata de un material todavía poco conocido y estos valores podrían variar.

4.1.2.3 Propiedades térmicas de los nanotubos de carbono

Otra de las virtudes de este material es que posee una gran estabilidad térmica²⁵ pudiendo ser aún estables a 2800° C en el vacío y a 750° C en el aire.

4.1.2.4 Proceso productivo de los nanotubos de carbono

En la actualidad se pueden obtener comercialmente diferentes tipos de nanotubos: en grado de investigación (escala de unos gramos) o a escala industrial gracias a compañías situadas en Europa, Estados Unidos y Asia.

A nivel industrial, en 2006 dos grandes compañías químicas como Bayer (Alemania) y Arkema (Francia) inauguraron sus plantas de producción de nanotubos, donde ya los producen a precios del orden de 150 a 500 euros/kg. Está previsto que se alcance un precio de 50 euro/kg cuando la producción sea por toneladas. También la compañía Nanocyl (Bélgica) con sus MWNT ha entrado en este mercado.

Todos ellos venden nanotubos procedentes de técnicas de deposición química en fase de vapor (CVD²⁶ por sus siglas en inglés). En el caso de la empresa alemana, la producción la asume su división Bayer MaterialScience, que desde el año 2007 cuenta con una planta piloto en la localidad alemana de Laufenburg capaz de generar al año 60 toneladas de este material.

Centrándonos en Bayer, el importante desembolso de esta empresa en la fabricación de esta tecnología viene avalado por los datos relativos a la tendencia del mercado en este ámbito: los pronósticos parten de la base de que los nanotubos de carbono alcanzarán un crecimiento de mercado del 25 % anual y que en unos diez años el mercado mundial de estos productos se situará en torno a los dos mil millones de dólares.

²⁵ Capacidad de un material para resistir un cambio en forma física o de tamaño conforme cambia su temperatura.

²⁶ La técnica de CVD consiste en la reacción de una mezcla de gases en el interior de una cámara de vacío (reactor) para dar lugar a la formación de un material en forma de capa delgada. Los subproductos de la reacción son evacuados hacia el exterior mediante un sistema de alta velocidad de bombeo.

Las inversiones están bajo el amparo del Ministerio alemán de Educación e Investigación gracias al patrocinio durante cuatro años de la Alianza de innovación CNT (Inno CNT) mediante el pago de unos 40 millones de euros. En esta unión participan más de 70 empresas relacionadas con la industria y la ciencia para desarrollar nuevas tecnologías y aplicaciones para materiales basados en nanotubos de carbono.

Estos datos no hacen más que confirmar que este campo tecnológico de estudio será de inminente aplicación en numerosos ámbitos como la construcción de generadores de energía solar o eólica más eficientes, circuitos electrónicos integrados, motores de coches eléctricos, etc.

4.1.2.5 Fabricación de chips mediante nanotubos de carbono

En la actualidad, con la tecnología empleada en los chips basados en semiconductores como el silicio, se ha logrado fabricar receptores GPS que ocupan menos de un mm² sin hardware como módulos de memoria RAM.

Las investigaciones actuales ya permiten integrar la antena del receptor en un chip, y soportan temperaturas del rango desde los -40° C a los 85° C. Con estos datos queda patente que con la tecnología actual aún habría que lograr que la máxima temperatura a las que pueda operar el localizador sean los 270° C aproximadamente o aislar el chip con algún material que reduzca el calor que llega al chip.

Hasta hace algunos meses uno de los grandes problemas que se tenía a la hora de fabricar chips basados en nanotubos era la dificultad de crear circuitos más complejos puesto que es imposible controlar la calidad de cada uno de los nanotubos. Sin embargo, en diciembre de 2009 IBM hizo público que ha logrado crear un circuito complejo que sirve de base para fabricar una calculadora que incluye, incluso, registros de memoria.

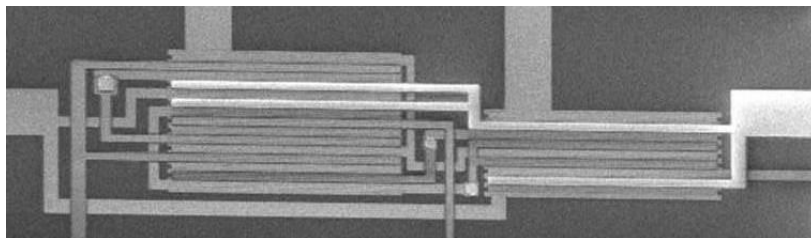


Figura 29: Registro de memoria tridimensional de nanotubos de carbono
(Fuente: Universidad de Stanford)

Mediante el uso de un sello, los investigadores transfieren una matriz de nanotubos alineada y alisada cultivada sobre un sustrato de cuarzo a una oblea de silicio. Después colocan electrodos de metal sobre los nanotubos. En la superficie de la oblea, entre el silicio y los nanotubos, se encuentra una capa de aislamiento que actúa como puerta trasera,

permitiendo a los investigadores apagar los nanotubos semiconductores antes de utilizar los electrodos de metal para quemar los nanotubos metálicos con una descarga de electricidad. Después se añade una puerta superior de tal forma que no se conecte con ningún tubo que no esté alineado. Más tarde los circuitos son grabados para eliminar los electrodos de metal que no se necesiten dentro de diseño final del circuito.

Para fabricar un circuito tridimensional, los investigadores repiten el proceso de sellado y cultivo de electrodos para apilar cuantas capas sean necesarias antes del proceso final de grabado. El proceso de sellado de nanotubos es clave para crear capas apiladas puesto que se puede hacer a bajas temperaturas y no funde los contactos eléctricos metálicos en las capas inferiores.

Así pues, en la actualidad ya podemos empezar a hablar del inicio del desarrollo de chips de menor tamaño que los actuales, tanto que nos movemos en una escala microscópica. Este hecho, unido a las ya citadas características físicas de los nanotubos de carbono, permite que los chips basados en esta tecnología puedan ser integrados en el interior de un arma de fuego ligera.

4.1.3 Baterías betavoltaicas

Otra posible alternativa de fuente energética de próxima generación acerca de la cual se tienen menos años de investigación son las baterías de tipo betavoltaicas fabricadas con semiconductores y radioisótopos²⁷.



Figura 30: Batería betavoltaica

Según los datos revelados por la Fuerza Aérea de EE.UU. se asegura que estas baterías permitirían hacer funcionar un ordenador portátil durante 30 años sin necesidad de recargarlo. La base del funcionamiento de esta tecnología consiste en la conversión de las partículas beta emitidas por el material radioactivo en energía eléctrica. Pese a que estaríamos ante un tipo de batería atómica, no se produce ni fusión ni fisión de átomos por lo que no existe riesgo debido a radiaciones nucleares; simplemente se aprovechan las emisiones beta que emiten los electrones al pasar por un diodo de silicio. Sin embargo, estas baterías han de estar rodeadas de una protección al igual que sucede con las baterías convencionales para que no sean peligrosas para el usuario.

²⁷ Se llama radioisótopo a aquel isótopo cuyo núcleo es radiactivo. Esto se debe a tener un mal balance entre neutrones y protones. Para compensar esto el núcleo ha de emitir radiación para desexcitar el núcleo, transmutándolo en un elemento estable u otro isótopo radiactivo.

Por el contrario, en otras investigaciones se asegura que la duración de la energía estará lejos de los 30 años, y se trata, por el momento, de baterías de un gran tamaño, mayores incluso que el de las actuales de ión-litio, por lo que su implantación en el interior de una pistola no sería posible.

4.1.4 Antenas: tecnología actual

Otro elemento imprescindible para la retransmisión de señales es la antena. En este caso buscamos que este elemento sea, al igual que la fuente de alimentación, un elemento ligero, de muy pequeño tamaño, resistente y barato. Por ello vamos a clasificar nuevamente la situación de la tecnología en este campo según la situación actual y después veremos cuál es la tendencia de futuro y si algunas de las futuras antenas creadas con métodos innovadores cumplen con los requisitos que necesitamos para el desarrollo de nuestro sistema.

Una antena es un dispositivo diseñado con el objetivo de emitir o recibir ondas electromagnéticas²⁸ hacia el espacio libre. Una antena transmisora transforma voltajes en ondas electromagnéticas, y una receptora realiza la función inversa.

Entre los conceptos más importantes relativos a antenas destacamos el de ancho de banda por el interés que suscita a la hora del estudio de las señales que se transmitirán a los satélites. Es el margen de frecuencias en el cual los parámetros de la antena cumplen unas determinadas características.

Se puede definir un ancho de banda de impedancia, de polarización, de ganancia o de otros parámetros.



Figura 31: Diferentes tipos de antenas actuales

Con la tecnología actual encontramos numerosos tipos de antenas, pero ninguna de ellas, con la tecnología con la que se fabrican, pueden llegar a alcanzar un tamaño microscópico o muy reducido.

²⁸ Forma de propagación de la radiación electromagnética a través del espacio, y sus aspectos teóricos están relacionados con la solución en forma de onda que admiten las ecuaciones de Maxwell. A diferencia de las ondas mecánicas, las ondas electromagnéticas no necesitan de un medio material para propagarse.

4.1.5 Antenas fractales

En 1975 Benoît Mandelbrot²⁹ estableció el inicio de la geometría fractal, que se distingue por una aproximación más abstracta a la dimensión de la que caracteriza a la geometría convencional, la geometría euclidiana, en la que se estudian las propiedades del plano y el espacio tridimensional. Mandelbrot se interesa por cuestiones que nunca antes habían preocupado a los científicos, como los patrones por los que se rigen la *rugosidad* o las grietas y fracturas en la naturaleza.

Un fractal es un objeto semigeométrico cuya estructura básica, fragmentada o irregular, se repite a diferentes escalas y se relaciona con el fractal el concepto de la autosimilitud: un objeto fractal tiene autosimilitud en el sentido de que secciones de él son, de alguna forma, similares al todo. No importa lo pequeña que sea tal sección, no tendrá menos detalles que el todo.

La definición matemática para la autosimilitud es la siguiente: *Un subconjunto S de R^n . se dice ser afín autosimilar si puede ser dividido en k subconjuntos congruentes, cada uno de los cuales puede ser ampliado por un factor constante M para ocupar el conjunto entero S .*

Así pues, encontramos que el fractal más sencillo de obtener es el conjunto de Cantor. Para formarlo se extrae de un intervalo su tercio central, y en la siguiente iteración a los dos tercios restantes se les extrae su tercio central n veces. Si juntamos todos los conjuntos obtenidos resulta el peine de Cantor:

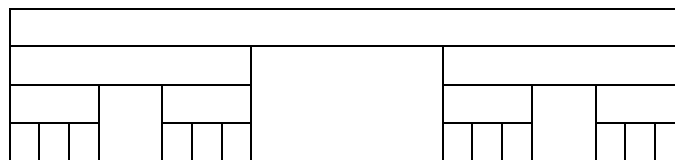


Figura 32: Peine de Cantor en su tercera iteración

Mandelbrot sostiene que los fractales, en muchos aspectos, son más naturales, y por tanto mejor comprendidos intuitivamente por el hombre, que los objetos basados en la geometría euclidiana, que han sido suavizados artificialmente.

Ahondando en el campo de las antenas, en la actualidad estos aparatos tienen que mantener un tamaño mínimo relativo de un cuarto de la longitud de onda para operar con eficiencia. Esto es, dada una frecuencia en particular, la antena no puede ser construida arbitrariamente pequeña; usualmente tiene que mantener un tamaño mínimo, típicamente en

²⁹ Benoît Mandelbrot (20 de noviembre de 1924). Matemático polaco que empleó el ordenador para trazar los más conocidos ejemplos de geometría fractal: el conjunto de Mandelbrot y los conjuntos de Julia descubiertos por Gaston Julia quien inventó las matemáticas de los fractales, que serían desarrolladas luego por Mandelbrot. En 1982 publicó su libro *Fractal Geometry of Nature* en el que explicaba sus investigaciones en el campo de la geometría fractal.

el orden de un cuarto de longitud de onda, por lo que es imposible reducir las antenas convencionales a niveles próximos al microscópico.

Además, esta relación necesaria entre tamaño y longitud de onda no permite diseñar antenas multibanda, pero con fractales se pueden fabricar estos ingenios permitiendo trabajar a diferentes frecuencias con una misma antena gracias a las copias del mismo fractal. Las antenas multibanda recurren al principio de escalabilidad, que establece que si tenemos una antena que funciona a una cierta frecuencia f , y multiplicamos sus dimensiones por un factor k , la antena resultante se comportará igual que la original pero a una frecuencia f/k .

En resumen, si se tiene una antena formada por copias de ella misma pero en diferentes escalas, se obtiene un elemento con el mismo comportamiento electromagnético en tantas bandas de frecuencia como factores de escala contenga la estructura, y esto es un comportamiento multibanda.

En la actualidad ya se fabrican y se emplean este tipo de antenas, siendo los modelos más usados los basados en los fractales de Sierpinsky y el de Koch.



Figura 33: Triángulo de Sierpinsky

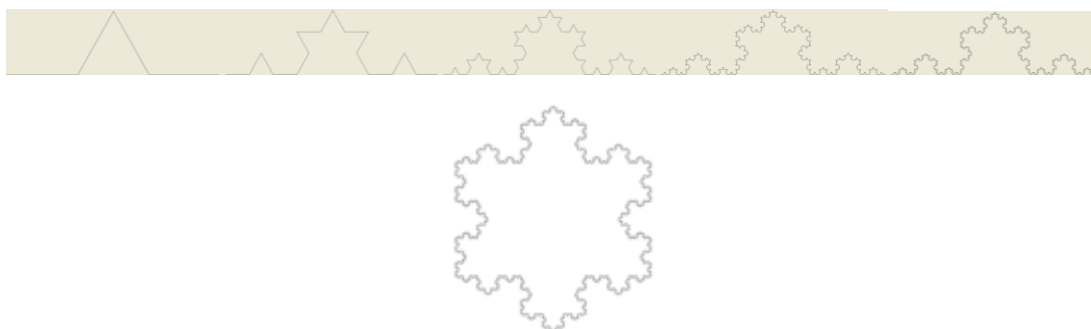


Figura 34: Copo de Koch

Los distintos campos donde ya se aplican las antenas basadas en fractales son, entre otros:

- **Telefonía móvil:** Aplicado a antenas en estaciones base y antenas en teléfonos receptores.
- **Dispositivos de Microondas:** Circuitos microcinta detectores de radio frecuencia (RFID), antenas micro cinta.
- **Otras:** Aeronáutica, sector automotor, comunicaciones marítimas y aplicaciones militares.

Nótese que aplicaciones como los teléfonos móviles y las nuevas generaciones de ordenadores portátiles y dispositivos similares demandan en la actualidad antenas

multibanda de gran potencia, minúsculo tamaño y baratas. Es por ello por lo que la tecnología de antenas fractales seguirá evolucionando y mejorándose en un corto espacio de tiempo.

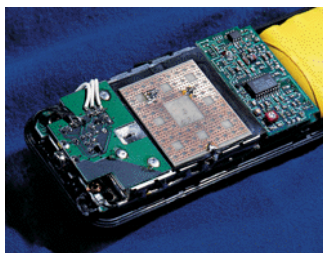


Figura 35: Antena fractal en un dispositivo de telefonía móvil

En la actualidad el mercado de este tipo de antenas está cubierto por varias empresas que se dedican en exclusiva a su fabricación mediante esta tecnología. Podemos destacar que la española IMDEA Networks investiga en este campo, o las aportaciones de *Fractal Antenna Systems* que es capaz de producir este tipo de antenas sobre superficies que no tienen por qué ser necesariamente planas. Este hecho puede ser muy importante en algunos campos donde, por falta de espacio, se requiera una antena adaptada a una forma determinada.



Figura 36: Antena fractal sobre una superficie curva (Fuente: Fractal Antenna Systems Inc.)

A su vez, podemos destacar los logros de la empresa Fractus, que desarrolla antenas fractales con las siguientes características:

- Peso menor que dos gramos.
- Rango de funcionamiento entre temperaturas de -40°C a 85°C .
- Dimensiones de $40 \times 4,8 \times 5 \text{ mm}$.

En todos los casos las antenas fractales son omnidireccionales, lo que significa que radian o captan por igual en todas direcciones.

4.1.6 Antenas basadas en nanotubos de carbono

A las prometedoras características de los nanotubos de carbono que ya conocemos tenemos que añadir que esta tecnología se está perfilando como el futuro en la construcción de antenas a escala microscópica. Ello es debido a que su inductancia y capacitancia a muy

altas frecuencias pueden servir como antenas de infrarrojos, ultravioletas y recientemente también el espectro completo de luz.

El 17 de septiembre de 2004 se publicaron los resultados de una investigación del Colegio Universitario de Boston que permitió el desarrollo de una antena basada en nanotubos de carbono capaz de captar la luz visible.

En un receptor, la onda convierte a los electrones en corriente, la cual es amplificada y sintonizada para transmitir sonidos e imágenes. Sin embargo, la luz se transmite por fotones. Los fotones son visibles porque las células en los ojos los captan, pero nadie había sido capaz de fabricar un aparato lo suficientemente pequeño como para servir de antena para ellos.

Los investigadores dijeron que el aparato, que utiliza diminutos nanotubos de carbono, podría servir como base para una televisión óptica o para convertir la energía solar en energía eléctrica una vez que se desarrolle adecuadamente.

Además, en algunas universidades polacas y estadounidenses se están desarrollando estudios para comprobar la eficacia de la construcción de antenas fractales con nanotubos de carbono.

4.2 Emplazamiento de los elementos en el arma

El sistema que se propone necesita incorporar al arma una batería y un localizador GALILEO para poder realizar el seguimiento de cada arma. Es esencial encontrar un emplazamiento donde ambos elementos añadidos no sean manipulables ni perjudiquen el funcionamiento del arma.

Todas las armas de fuego ligeras están diseñadas para ser fácilmente desmontadas y montadas ya que es necesario limpiarlas con cierta regularidad para evitar que se encasquillen, resultando en todos los casos tras su desmontaje un despiece donde se diferencian las siguientes partes:

- ***El cañón.***
- ***La caja.***
- ***La culata.***
- ***El oído.***
- ***Otros elementos.***

Buscamos una ubicación dentro del arma donde introducir la fuente de alimentación y el localizador. Recordemos que, según la división que establecimos anteriormente, la parte del arma más costosa es el cañón, pieza además muy resistente ya que es la vía por la que el proyectil sale propulsado y debe ser capaz de soportar una gran presión y, sobre todo, unas altas temperaturas sin deformarse.

Gracias a sus características térmicas y mecánicas, unidas a sus reducidas dimensiones, a día de hoy es más factible el empleo de los nanotubos de carbono como fuente de energía para ser incorporadas en un arma. Debido a su funcionamiento independiente de la forma geométrica en que estén situados los nanotubos, podrían permitir que parte del cañón esté conformada de este material y ubicar en ese mismo lugar el localizador. Un intento de deformar o manipular esta parte del arma expone al usuario a un mal funcionamiento de la misma por ser la vía de salida de los proyectiles, por lo que se garantizaría la práctica imposibilidad de inutilizar el sistema receptor de señales sin dejar inservible el arma.

Por otro lado, el costo de fabricación del cañón con esta tecnología no incrementaría apenas su precio gracias al bajo coste de los nanotubos de carbono. De igual modo, la longitud de los nanotubos no hace que varíen sus propiedades eléctricas ni térmicas, por lo que podrían incorporarse en armas cuyo cañón es muy corto o en aquellas en las que su longitud sea mucho mayor.

Por último, los enlaces entre los átomos de carbono están entre los enlaces químicos más fuertes de la naturaleza. Estos enlaces son los que hacen del diamante la sustancia más dura conocida, requiriendo una enorme cantidad de presión interior para deformar y romper los enlaces carbono-carbono entre los átomos en un fullereno³⁰.

4.3 Retos tecnológicos a superar

Como ya se ha descrito con anterioridad estamos ante un trabajo que sienta las bases teóricas de un modelo basado en una tecnología floreciente y de enorme potencial como son los nanotubos de carbono, con unas propiedades físicas que los hacen idóneos para su introducción en armas de fuego. Aun así, quedaría por ver cómo responde este material en su emplazamiento en el interior del cañón del arma.

El cañón se ve sometido a la denominada autoinflamación, que es un fenómeno que se caracteriza por la deflagración espontánea de la pólvora de un cartucho por el calentamiento excesivo de la recámara como consecuencia de los sucesivos disparos anteriores inmediatos. La temperatura crítica en estos casos se sitúa aproximadamente en 270° C. La prueba que ha de superar cualquier arma es un mínimo de 100 disparos en rápida secuencia de tiro semiautomático, sin que se produzca dicho fenómeno.

A la luz de los datos que hemos expuesto en relación a los nanotubos de carbono, vemos que este material soportará sin problemas esas temperaturas. Sin embargo, con la tecnología actual una antena fractal no resistiría estas temperaturas tan extremas. Una solución que puede ver la luz en poco tiempo es que se desarrolle con éxito una antena fractal basada en nanotubos de carbono, como ya se está estudiando.

³⁰ Los fullerenos o fulerenos son la tercera forma más estable del carbono, tras el diamante y el grafito y se presentan en forma de esferas, elipsoides o cilindros. Los fulerenos esféricos reciben a menudo el nombre de *buckyesferas* y los cilíndricos el de *buckytubos* o nanotubos.

4.4 Funcionamiento del sistema propuesto

Tras el resumen de las tecnologías que son idóneas para ser empleadas, en este apartado procederemos a resumir la propuesta de funcionamiento del sistema que permita localizar armas de fuego ligeras mediante GALILEO desde el uso del nivel de servicio PRS pasando por la fabricación de los elementos materiales que permitirán la localización hasta la forma de proceder del software necesario. Después, analizaremos las ventajas y desventajas que presenta esta propuesta.

4.4.1 Uso del servicio PRS

Hemos explicado de forma exhaustiva en el segundo capítulo de este trabajo los cinco servicios que ofrecerá GALILEO:

- Servicio de búsqueda y salvamento (SaR).
- Servicio público regulado (PRS).
- Servicio Comercial (CS).
- Servicio para aplicaciones críticas (SoL).
- Servicio abierto (OS).

Una de las características que hace único al sistema GNSS europeo es el último servicio de la lista anterior, el cual, será el más robusto de todos los sistemas de posicionamiento por satélite en funcionamiento o en desarrollo. A modo de resumen recordamos las principales características de este servicio, que no estarán disponibles más que en GALILEO:

- Imposibilidad de distorsionar la señal mediante la introducción de ruido u otros métodos.
- Imposibilidad de modificar el contenido del mensaje transmitido.
- Los datos viajarán cifrados.
- Disponible sólo para la policía.
- Seguirá funcionando aunque el resto de servicios no lo hagan.

El ***Servicio público regulado*** (PRS) será el más robusto de los cinco que ofrece GALILEO, y por ello será empleado fundamentalmente en los siguientes ámbitos:

- Aplicaciones dedicadas a la Seguridad Nacional y/o europea, sobre todo en cuerpos como la policía, protección civil o servicios de emergencia.
- Aplicaciones en la regulación de telecomunicaciones o en el transporte de mercancías peligrosas.
- Actividades económicas estratégicas fundamentales para los intereses de Europa.

Este nivel de servicio está diseñado para funcionar de forma totalmente independiente al resto y ofrecerá una señal que está diseñada para ser invulnerable a ataques de *jamming* o *spoofing* gracias a la transmisión de dos señales. Los datos viajarán cifrados, aunque aún no se ha especificado mediante qué sistema. Para complementar todas estas medidas de seguridad, existirá una entidad oficial que será la que distribuirá las claves de acceso.

PRS y el servicio Safety of Life serán los primeros en entrar en funcionamiento. Según las previsiones, en 2013 ya deberían estar operativos. Entre los motivos por los que PRS estrenará el uso real del sistema europeo de localización por satélite encontramos la utilidad para las fuerzas de seguridad y emergencias, y que se estima que represente cerca de un 25% de los beneficios generados por GALILEO ya que los gobiernos pagarán por su uso. En cualquier caso, no estará previsto que se autorice su uso para fines militares salvo que sean misiones de paz.

4.4.2 Resumen del funcionamiento del sistema

Después de haber expuesto la información necesaria acerca de las tecnologías implicadas en el sistema propuesto vamos a exponer un breve resumen sobre cómo funcionaría la localización de armas de fuego ligeras.

En primer lugar se debe establecer mediante legislación que durante el proceso de fabricación de las armas se incorpore obligatoriamente el localizador GALILEO una vez verificado su correcto funcionamiento y que su inclusión en el arma no modifica su normal funcionamiento. A su vez, es imprescindible garantizar que cada arma cuenta con un número único que sirva de identificación unívoca con respecto a cualquier otra y que este dato será grabado en el chip que contiene el localizador. De forma simultánea este dato será guardado en la base de datos que usará el sistema junto con otras características como el tipo de arma de que se trata. A su vez, se pueden almacenar datos como el país de fabricación, la fecha y/o la fábrica de origen. Por otro lado es útil saber si el arma será usada por la policía, seguridad privada o ejércitos para discernir más adelante si esa arma será peligrosa o no.

4.4.2.1 Localización de armas en ámbitos inadecuados

Una vez verificado el funcionamiento del localizador el arma transmitirá de forma intermitente datos que serán recogidos por los satélites de GALILEO y, mediante triangulación, se podrá saber su posición. Cada uno de estos datos serán analizados por un sistema informático que aplicará reglas de inteligencia artificial para establecer automáticamente si se localiza alguna situación que se considere sea motivo de alerta a las fuerzas de seguridad o sanitarias.

Un ejemplo de alerta dada por el sistema podría ser que se detectase un arma de fuego que no sea de uso policial o similar en un lugar inusual como un colegio o aeropuerto. También se produciría una alerta en caso de detectarse el uso de armas de caza fuera de los cotos habilitados para tal fin.

Para mejorar la eficacia del sistema sería conveniente registrar los datos personales del dueño de un arma como nombre, apellidos, número de identificación oficial (según el país), domicilio, etc.

4.4.2.2 Seguimiento de armas

Si nos encontramos ante un traslado de armas de fuego ligeras podría emplearse el sistema localizador para asegurar que no se producen desvíos o robos de la mercancía. Así, el sistema conoce las coordenadas del origen de la mercancía y, aportando como datos el destino y la ruta prevista, se podría verificar que no se producen desviaciones injustificadas del camino previsto o paradas anómalas.

El control de traslados de mercancías ya se realiza mediante receptores GPS. La principal ventaja que proporciona el control mediante armas es que, si se producen hurtos, se tiene constancia inmediata avisando a las fuerzas de seguridad y se tiene localizada en todo momento el arma sustraída.

Ejemplo de aplicación al seguimiento de armas

Un ejemplo de situación que sería más difícil que se produjese con el sistema propuesto en activo es el robo de armas de fuego por parte de la banda terrorista ETA durante el proceso de traslado de un punto a otro el 30 de mayo de 2003.

A continuación procedemos a reproducir la noticia publicada en la edición digital del diario El País a 1 de junio de 2003.

(http://www.elpais.com/articulo/espana/autores/robo/353/pistolas/buscaban/armas/elpepie.sp/20030601elpepinac_3/Tes/)

Los autores del robo de las 353 pistolas buscaban las armas

Los autores del robo de 353 pistolas de la marca Walther que durante la noche del jueves al viernes eran transportadas en un camión de una empresa portuguesa sabían lo que buscaban, puesto que previamente habían registrado otro camión de la misma empresa sin que se llevasen nada.

Ese hecho, a juicio de los investigadores, demuestra que los autores del robo, cometido en el área de servicio de Sauvion, en Las Landas (Francia) disponían de información previa e iban directamente a por las armas. El dato induce a pensar en ETA como principal

sospechosa del robo, aunque los investigadores no descartan la posibilidad de que hayan podido intervenir otros grupos de delincuencia organizada.

No obstante, el camión transportaba otras cajas con más pistolas que no fueron robadas.

El conductor del vehículo continúa declarando ante la Guardia Civil en San Sebastián para esclarecer si el transporte cumplía con las adecuadas medidas de seguridad, que exige una escolta de protección o que los percutores de las armas se transporten en otro convoy para evitar que puedan ser utilizadas en caso de robo.

4.4.2.3 Seguimiento durante el almacenaje

En muchas ocasiones las armas permanecen almacenadas hasta que se tiene autorización para que sean usadas. Durante ese período también se podría producir un control para dificultar su sustracción ilegal. Para ello, la base de datos del sistema deberá contener un registro donde se indique qué pistolas deben permanecer inamovibles en un lugar de almacenaje concreto, sabiendo sus coordenadas terrestres. De esta forma, se produce de forma intermitente la localización de la posición del arma y, si está fuera de la zona catalogada como almacén, se generaría la pertinente alerta.

Ejemplo de aplicación al seguimiento durante el almacenaje

Un ejemplo de situación que sería más difícil que se produjese con el sistema propuesto en activo es el robo de armas de fuego por parte de la banda terrorista ETA en un almacén de una armería el 24 de octubre de 2006.

A continuación procedemos a reproducir la noticia publicada en la edición digital del diario 20minutos, del 25 de octubre de 2006.
(<http://www.20minutos.es/noticia/165300/0/eta/robo/pistolas/>)

ETA roba 350 armas en una fábrica del sur de Francia

*Las armas robadas por presuntos miembros de ETA en la localidad francesa de Vauvert en la madrugada del martes son unos **300 revólveres**, al menos **50 pistolas**, piezas sueltas y una cantidad indeterminada de munición.*

*Así lo aseguraron a la Agencia Efe fuentes próximas a la investigación, que confirmaron que en el robo han participado **dos hombres y una mujer**, aunque añadieron que no se descarta la intervención de un segundo "talde", denominación que, hasta la tregua de 1998, se daba a los grupos de unas tres personas encargados de funciones concretas dentro de un comando.*

Sin embargo, tanto en lo que respecta al material substraído como a los ladrones, hay varias versiones.

*Según RNE, la banda terrorista habría robado **cajas de componentes de pistolas** para armar hasta **350 armas** y los ladrones habrían sido cuatro encapuchados, tres hombres y una mujer.*

El Gobierno aún no se pronuncia

La policía francesa atribuyó la autoría a ETA, aunque el Ministerio del Interior esperará al término de las investigaciones antes de establecer una "conclusión definitiva" sobre la autoría.

Fuentes de Interior informaron de que se está siguiendo de cerca la investigación y recopilando todos los datos de los que disponen los investigadores en Francia.

Los hechos ocurrieron en la localidad de Vauvert, en el departamento de Gard, cuando los presuntos etarras irrumpieron en la fábrica Sidam, empresa mayorista que abastece a armerías, y maniataron a los trabajadores que allí se encontraban para después efectuar el robo.

Para el atraco, los asaltantes secuestraron a tres miembros de la familia del responsable de la empresa, y todos han recobrado ya la libertad, señalaron las fuentes sin dar más detalles.

La pista, unas esposas robadas

La policía considera que los autores del robo son etarras porque para maniatar a los secuestrados utilizaron esposas que habían sido robadas por dos miembros de ETA a dos gendarmes el pasado marzo en el departamento de Lot (suroeste), en las proximidades de un centro de investigación y pruebas de armas del Ejército francés.

La banda terrorista vasca decretó un alto el fuego "permanente" el pasado marzo.

*La **investigación** está en manos de la Subdirección Antiterrorista de la Policía Judicial (SDAT).*

4.4.2.4 Seguimiento de armas específicas

Como ya ha sido expuesto anteriormente, el cifrado garantizará la confidencialidad de los datos enviados al sistema. De igual manera, los datos son analizados por un programa informático al que sólo tendrá acceso la policía en caso de ser necesario. Este organismo podría filtrar los datos relativos a aquellas armas que hayan sido robadas o

extraviadas para, según los datos proporcionados por el sistema, facilitar su localización y recuperación.

4.4.2.5 Registro de disparos

Todas las posibles aplicaciones anteriores se basan en el principio de que cada arma transmite de forma intermitente datos relativos a su posición. Sin embargo, una forma de ampliar las funcionalidades del sistema sería conseguir que se transmitan también datos en el momento en el que se produce un disparo mediante un arma. De este modo se puede guardar en la base de datos un histórico de disparos realizados desde una posición terrestre y a la hora que se produjo; estos datos podrían ser empleados en caso necesario para facilitar las investigaciones policiales y también como prueba en juicios.

Gracias a esto, se podrá establecer con mayor rapidez el punto desde el que se inicia la trayectoria de un proyectil o saber qué arma fue la que disparó primero en un tiroteo.

Para lograr que se produzca una señal desde el localizador cada vez que se produzca un disparo se puede aprovechar el movimiento del proyectil al pasar por el cañón del arma o bien el calentamiento que éste sufre en ese instante.

4.4.2.6 Resumen de la estructura de la base de datos

Tras la exposición del funcionamiento teórico del sistema procedemos a resumir la estructura que tendrán las bases de datos involucradas en el sistema.

Paralelamente a este proceso se actualizará una base de datos que denominaremos de aquí en adelante “**Datos del arma**” que contará con los siguientes campos:

- **Número de serie digital del arma:** Unívoco y generado aleatoriamente. Al obtener este dato se tendrá una clave para proceder al cifrado de los datos que se enviarán.
- **Tipo de arma y modelo.**
- **País de fabricación y fecha.**
- **Fábrica de origen.**
- **Estado:** podrá adoptar tres campos iniciales:
 - **Traslado:** Si está activo se contará con los siguientes campos obligatorios en una base de datos del mismo nombre:
 - **Número de serie digital del arma:** clave primaria del almacén ya descrita en “**Datos del arma**”.
 - **Origen:** con las coordenadas desde donde comienza el traslado.
 - **Destino:** con las coordenadas del lugar donde está previsto llevar el arma.

Adicionalmente se puede incluir un campo con cardinalidad 0:N denominado **Puntos intermedios** donde estarían registrados los lugares

de paso obligatorios del cargamento para mayor seguridad de que sigue una ruta adecuada, si se produjo una parada del traslado sin motivo aparente, etc.

Durante el traslado el arma envía de forma intermitente datos de su posición geográfica. Una vez llegados esos datos se analizan para establecer si se está siguiendo una ruta coherente con el destino final mediante un algoritmo de cálculo de rutas entre dos puntos terrestres.

- **Almacén:** Con la llegada del arma a un lugar donde estará almacenada se actualizará a este nuevo estado. El arma continuará enviando datos de posición de forma intermitente al sistema, el cual, en esta ocasión, activará la alarma si se produce un traslado no autorizado fuera de los límites previstos.

Para ello existirá una base de datos “**Almacén**” donde se especificará un valor numérico que será el radio de un círculo cuyo centro es un punto geográfico de la zona autorizada de traslado dentro del recinto.

El anterior almacén contará con la clave identificativa *Número de serie digital del arma*.

- **Uso:** Este campo se activará una vez que el arma tenga permiso para ser trasladada y usada. Cuando esto suceda, si se trata de un arma asignada a un particular, se actualizarán dentro de la base de datos “**Uso**” los campos que a continuación se describen:
 - **DNI:** Con el número de documento de identificación de cada país u otro documento como pasaporte o similar. Para casos en los que el ámbito sea militar o policíaco puede no guardarse, o bien tener como información en uno o varios campos el nombre del lugar donde se destina el arma, la unidad dentro del Cuerpo, etc.
 - **Ámbito:** Donde se especifica si tiene un uso civil, deportivo, militar o policíaco.

Nuevamente el almacén tendrá como clave identificativa el campo *Número de serie digital del arma*.

- **Destrucción o actualización:** Cuando se estime que la batería de un arma está próxima a agotarse, una medida para mantener el sistema es instar al dueño a recargar la fuente de alimentación (si fuese técnicamente posible) o reemplazarla por otra nueva. Si un arma está operativa fuera de plazo sin haber sido recargada o cambiada, deberá alertarse a las autoridades para que intervengan.

Como puede verse, el número de datos manejados será pequeño, lo que favorecerá el diseño, seguridad y mantenimiento de las bases de datos y permitirá el tratamiento de los mismos a gran velocidad.

4.4.3 Ventajas del sistema propuesto

- ***Aviso inmediato a las fuerzas de seguridad en situaciones de emergencia:*** Si el sistema lanza una alerta de seguridad, según los casos se alertaría a la policía y/o servicios de emergencia para que actúen de la forma más rápida posible contando además con datos acerca de la posición del arma sospechosa o si ha sido usada o no, con lo que se podrá planificar mejor la intervención policial y sanitaria. Gracias a este hecho, el sistema permitirá salvar numerosas vidas humanas.
- ***Facilitar las investigaciones policiales:*** El sistema recopilará información acerca de la hora y posición en la que fue usada un arma. Estos datos podrían ser usados como pruebas en investigaciones criminales y en juicios.

Es importante recordar que la Europol es un cuerpo de policía de la Unión Europea dedicada al análisis de información y de su correcta distribución entre el resto de policías, y que colabora, a su vez, con países ajenos a la Unión como Australia, Estados Unidos o Noruega, entre otros. Estos datos podrían llegar a este organismo ya que está especializado en el manejo de la información y de asegurar su completa confidencialidad y centraliza los datos relativos a delitos de diversa índole, por lo que Europol podría ser un buen candidato para manejar la información del sistema localizador de armas de fuego ligeras y de su posterior análisis.

- ***Barata implantación:*** Según las previsiones, implantar los chips en las armas no sería caro y no aumentaría su coste de fabricación. Las bases de datos usadas guardarán gran número de datos pero de cada arma se tendrán almacenados pocos campos. La otra inversión necesaria sería la empleada en el sistema informático que manejará los datos y aplicaría las reglas de inteligencia artificial.
- ***Nula modificación del mecanismo del arma:*** El diseño propuesto incrusta la fuente de alimentación y el localizador en el interior del cañón, sin interferir en el mecanismo que produce el disparo.
- ***Detección de caza furtiva:*** Si se detecta que un arma de caza entra en un coto privado de caza se lanzaría de igual modo una alerta. Con ello se logrará disuadir a las personas que adopten esta práctica ilegal con los beneficios que esto conlleva en la salvaguarda de la fauna en peligro de extinción. Además, si se produjese un disparo en esta área también se tendría constancia y una prueba informática sólida que permita abrir una causa ante el infractor.
- ***Dificultad para destruir los componentes que permiten la localización:*** Gracias a la ductilidad de destruir el cañón, el sistema tiene garantizado su funcionamiento. Sin embargo, en caso de que un grupo lograra destruir el localizador, si este ha transmitido antes se tendrán datos relativos a la última posición detectada. Cuando un arma no es localizada sin una causa aparente, el sistema informático también lanza la alerta. En ese momento y según los datos recogidos, es la policía la que decidiría si interviene o no, o mediante la comparación de datos recogidos, si en una zona se producen

repentinos cortes del envío de la señal es posible que estemos ante un zulo terrorista o similares.

- **Localización de armas robadas o usadas:** En caso de usarse un arma que no ha sido localizada con el sistema se puede facilitar la localización del emplazamiento en el que se encuentra, o efectuar un seguimiento en tiempo real de los movimientos de un arma que ha sido robada.



Figura 37: Pruebas intervenidas a cazadores furtivos (Fuente: Guardia Civil)

- **Detección y seguimiento de flujos ilegales de armas:** Con los datos recopilados a lo largo de un período de tiempo se va a poder establecer cuál ha sido el camino que ha seguido un arma o grupo de ellas hasta alcanzar un destino que no es legal o bien que se produjo saltándose los procedimientos legales.
- **Localización de zulos:** La señal de GALILEO será más potente y permite su funcionamiento en zonas boscosas, interiores de edificios e incluso lugares subterráneos. Con el sistema propuesto se facilita la localización de zulos terroristas, dificultando a estos grupos la labor de ocultación de armas.



Figura 38: Zulo terrorista dedicado al almacenaje de armas de fuego (Fuente: El Correo Digital)

- **Creación de una base de datos europea común:** La puesta en marcha del sistema implicaría establecer una sencilla base de datos pero permanentemente actualizada y con acceso inmediato y exclusivo para todas las fuerzas de seguridad Europeas. Esta base de datos será de acceso exclusivo para la policía y servicios de emergencia, y

aportará alertas relativas a armas de fuego emplazadas en lugares inadecuados que se considere podría necesitar intervención policial.

Por otro lado, se permitirán realizar búsquedas y seguimientos sobre datos de armas robadas o aquellas acerca de las cuales la policía necesite consultar o comparar.

- ***Obtener estadísticas fiables de uso:*** Hasta ahora se tienen estimaciones del número de armas de fuego ligeras que existen en el mundo y su distribución geográfica. Con este sistema se tendrán datos más fiables respecto a su uso, emplazamiento, estado en el que se encuentra dentro de la cadena de producción, etc.
- ***Posibilidad de introducir un arma con localizador para detectar actividades delictivas:*** Pese a la enorme dificultad de lograr una implantación del sistema en el total de armas de fuego que se fabriquen, la existencia de este mecanismo de detección puede ser enormemente beneficiosa en investigaciones mediante la introducción de forma secreta por parte de la policía de un arma con localizador entre otras que no lo tienen. Este supuesto puede darse en los siguientes casos:
 - ***Aumentar la dificultad del transporte de armas ilegales:*** Tanto a nivel de exportación ilegal como a nivel de traslado de armamento por parte de grupos terroristas.
 - ***Localización de grupos guerrilleros itinerantes:*** GALILEO no podrá ser empleado en conflictos bélicos pero sí en misiones de paz. Un ejemplo donde su aplicación es posible es en el conflicto de Darfur, al oeste de Sudán, donde numerosos grupos guerrilleros llevan años combatiendo por el control de la frontera entre Sudán y Chad provocando matanzas entre civiles. En la actualidad la ONU cuenta en esa zona con 26.000 soldados para tratar de estabilizar la zona. Mediante la introducción de forma secreta de un arma con localizador en el arsenal que reciben estos grupos, se dificultaría enormemente su acción y se tendrían datos preciosos acerca de su posición y sus acciones.

Del mismo modo, también se pueden analizar los movimientos en los campos de entrenamiento de terroristas y a obligarles a emplear, si quieren estar seguros en todo momento de que no están siendo investigados, lugares de entrenamiento protegidos donde la señal de GALILEO no llegue, con la dificultad y el coste que esto conlleva.

- ***Importantes ahorros económicos derivados de los puntos anteriores:*** A la importancia de que la tecnología microscópica de los nanotubos resulta barata, hay que tener en consideración el importante volumen de ahorro económico que puede derivar del buen uso del sistema propuesto. Considérese los beneficios asociados al abaratamiento en investigaciones policiales, el ahorro de tiempo y recursos en el proceso de búsqueda de un arma usada o robada, la obligación por parte de los grupos criminales de adaptar los recintos donde transportar u ocultar armas para no ser detectados, minimizar los robos dentro del flujo legal de venta de armas...

- ***Ofrecer a gobiernos ajenos a la Unión Europea otros usos al servicio PRS:*** El importante desembolso que requiere el programa GALILEO está justificado por las enormes expectativas de rentabilidad económica que reportará a la Unión. En este sentido, cuantos más servicios se ofrezca el sistema GNSS europeo, estos beneficios aumentarán.

En el caso del Servicio Público Regulado recordamos que son los gobiernos los que pagarán por su uso. Así pues, si otros gobiernos ven utilidad a la contratación de este servicio, se conseguirá un beneficio económico extra más allá de los ahorros que hemos previsto en el punto anterior.

4.4.4 Desventajas del sistema propuesto

- ***Facilitar la preparación de emboscadas:*** Una posible consecuencia del aviso automatizado a las fuerzas de seguridad podría suponer la preparación de emboscadas por parte de grupos criminales que saben que es alta la probabilidad de que acuda la policía al lugar.
- ***Dificultad de implantación debido al gran número de armas que existen:*** Para que el sistema sirviese para tener un buen control del flujo y uso de armas debería incorporarse a la práctica totalidad de las que existen. No se sabe con exactitud cuántas armas hay en la actualidad y muchas de ellas están en manos de grupos criminales.
- ***Necesidad de retirar las armas si no se lograra la recarga solar:*** Una de las probables aplicaciones de los nanotubos es la de emplearlos para la construcción de placas fotovoltaicas como ya sabemos. Sin embargo, aún no hay placas con resultados eficientes que nos hagan afirmar que esto sucederá, si bien es cierto que la comunidad científica está convencida de que se logrará en breve.

En la actualidad es difícil precisar cuál será la duración media de la energía interna de las armas, aunque las investigaciones llevadas hasta el momento auguran una larga duración. Para garantizar que un arma seguirá siendo actualizada, se deberá calcular mediante los datos recogidos en la base de datos qué armas están próximas a agotar sus baterías si no se logra idear un mecanismo que permita al propio sistema averiguar y transmitir cuánta energía le queda como sí se puede hacer en la actualidad con las baterías de ión-litio. Una vez llegados a un punto próximo a la descarga total se debe instar a su dueño a devolver el arma para recargarla si se pudiese o proceder a su canje por otra nueva.

Aun así, como ya hemos desarrollado con anterioridad, una fuente de alimentación basada en nanotubos de carbono podría llegar a almacenar 1000 veces más energía que las baterías tradicionales. Esto, unido al diseño de transmisión de energía intermitente, hace que las previsiones de duración de la energía en un arma sea elevada evitando tener que estar cada poco tiempo instando a la población a su canje o recarga.

- ***Necesidad de concienciar de la utilidad a los gobiernos:*** A medida que se pretenda que el sistema sea más eficaz abarcando un mayor número de armas de varios países es más difícil poner de acuerdo a todos ellos para que adapten sus legislaciones y faciliten el desarrollo de acuerdos vitales para el funcionamiento de la localización de armas como la necesidad de asignar un número único a nivel global que identifique esa arma.
- ***Aumento del mercado negro de armas:*** A mayor medida de implantación del sistema, los grupos criminales buscarán hacerse con armas de forma ilegal. Esta parte negativa puede verse compensada por la aplicación del sistema para la detección de este tipo de flujos descrita en el apartado anterior y por la reducción de robos en almacenes y durante el transporte.

4.5 Aplicaciones a otras armas: minas y polvorines

Pese a que este trabajo se ha centrado en la localización de armas de fuego ligeras, todo el estudio anterior puede servir de base para insertar localizadores en las minas.

Hemos visto que GALILEO funciona incluso bajo tierra y en zonas boscosas gracias a la enorme potencia de la señal que se transmitirá. Con esto, se pueden tener localizados este tipo de artefactos con las ventajas que conlleva, como lograr una rápida y más segura retirada de los mismos cuando llegue el momento de hacerlo, o tener constancia inmediata de si una mina ha hecho explosión en un momento determinado.

Pese a que no abordaremos un estudio exhaustivo sobre este asunto, puede resultar muy interesante investigar si, con la tecnología actual, puede ponerse en funcionamiento un sistema de fabricación de minas con receptores para anticipar, si fuese posible, su hipotética implantación.

Otro caso que puede ser objeto de estudio es ver las aplicaciones de GALILEO para custodiar el almacenaje de explosivos en explotaciones mineras. Así, se respondería a las propuestas de la Comisión de las Comunidades Europeas que instan a mejorar la custodia de polvorines en territorio de la Unión Europea. Un mayor control habrían evitado el robo de material explosivo empleado en los atentados de Madrid del 11 de marzo de 2004.

Conclusiones

Tras varios años de hegemonía de GPS y el aparente debilitamiento del resto de sistemas GNSS previstos, está bastante probado que un proyecto como GALILEO será tremendamente rentable si finalmente aporta las características que se espera consiga ofrecer.

Pese a los retrasos en los plazos de ejecución y la lentitud con la que está siendo convencida la parte privada para que invierta en el proyecto, el mejor momento para iniciar el funcionamiento del sistema es el horizonte temporal establecido actualmente en 2013 por diversos motivos:

- Posible deterioro de la calidad del servicio ofrecida por GPS debido a la gran inversión que se requiere para mantener los satélites y que, según algunos expertos, debería ser llevada a cabo el año próximo de forma urgente.
- Ampliación del período de hegemonía de GALILEO, ya que es ahora cuando el sistema tendrá una ventaja muy superior a GPS en cuanto a precisión. Algunas informaciones apuntan a que podría lanzarse una nueva generación de satélites para GPS en diez años, siendo previsible que éstos igualen o incluso llegasen a mejorar la precisión del sistema europeo. Por otro lado, China ha anunciado que continúa con el desarrollo de Beidou. La intención del país asiático es que su sistema GNSS pueda estar operativo en el año 2020. Pese a todo, su compatibilidad con GALILEO y la participación de China como importante inversor en el sistema europeo, convierte, asimismo en una ventaja que la ESA ponga en funcionamiento sus planes.
- Independizarse tecnológicamente de EE.UU: El monopolio de GPS convierte al resto del mundo en dependiente de la tecnología del país americano.

Una de las peculiaridades de GALILEO es que ofrecerá cinco niveles de servicio, que, de forma resumida, son:

- ***Servicio abierto (OS):*** Se trata de una señal de acceso libre y gratuito.
- ***Servicio Comercial (CS):*** Este servicio requiere del pago de un canon. A cambio se ofrecen dos señales más con respecto a las del servicio abierto, estarán cifradas y su acceso estará controlado a nivel de receptor mediante contraseña.
- ***Servicio para aplicaciones críticas (SoL):*** Servicio de pago que garantiza una absoluta disponibilidad y ofrece notificación en tiempo real si el servicio se ve degradado. Será usado en aquellos ámbitos donde la no notificación de un fallo en la señal supone poner en peligro vidas humanas. Sus principales aplicaciones serán la navegación aérea y el transporte ferroviario.

- ***Servicio público regulado (PRS):*** Diseñado para fuerzas de seguridad y otros organismos similares, se garantiza su total disponibilidad en cualquier circunstancia.
- ***Servicio de búsqueda y salvamento (SaR):*** Se usará en misiones de salvamento con una precisión de metros y recepción casi en tiempo real de los mensajes de socorro.

Por otro lado ninguno de los otros sistemas GNSS que actualmente están en desarrollo o funcionamiento serán de ámbito civil. Este hecho, junto con otras características que permiten a GALILEO ofrecer funcionalidades inéditas, hacen que el sistema esté llamado a convertirse en líder en su sector. Un resumen de estas características es:

- ***Ámbito global:*** El sistema será capaz de detectar objetos en cualquier parte del planeta, tanto en superficie como en altura. Este último hecho no lo ofrecen otros sistemas similares.
- ***Compatibilidad:*** Pese a los recelos iniciales de EE.UU. en la actualidad existen acuerdos de cooperación y compatibilidad de GALILEO con otros sistemas como GPS, Beidou y GLONASS.
- ***Sin degradación de señal:*** La señal satelital no está en manos militares, por lo que no se producirá una perturbación artificial como puede suceder y de hecho ya ha ocurrido en GPS. Además, están garantizadas: la disponibilidad del servicio en todos los niveles ofrecidos y en especial en el Servicio Público Regulado, la continuidad y la integridad de los datos.
- ***Precisión máxima:*** En la actualidad la tecnología de los satélites de GALILEO le confieren la mayor precisión en la localización terrestre, avalados por las pruebas reales realizadas con los satélites de prueba que han verificado el funcionamiento de la tecnología crítica del proyecto.

Gracias a las prestaciones de GALILEO, se plantea de forma teórica cómo podrían adaptarse las armas de fuego ligeras para que estén localizables por satélite para analizar mediante un sistema informático si representan un peligro por encontrarse en un ámbito inadecuado entre otras prestaciones. Es imprescindible destacar que este sistema planteado no sería posible efectuarlo con otros sistemas GNSS, ya que ninguno más garantiza los cuatro puntos anteriores ni plantean la existencia de un espectro de banda que no será prácticamente imposible de degradar mediante técnicas de introducción de ruido, tendrá un soporte continuo aunque el resto de servicios dejen de operar, y en el cual los datos viajarán cifrados y será de uso exclusivo para las fuerzas de seguridad de los estados miembros de la Unión Europea.

Para lograr introducir un localizador en el arma se plantea hacerlo mediante la implantación de nanotubos de carbono como fuente de alimentación en el cañón del arma.

Los nanotubos de carbono ofrecen unas características favorables en cuanto al almacenaje y circulación de electricidad además de una amplia resistencia a altas temperaturas. Estos hechos, unidos a la ligereza, pequeño tamaño y resistencia, lo convierten en una posible fuente de alimentación idónea. Su ubicación en el cañón garantizaría que el intento de destruir este mecanismo inutilice el arma. Unido a este mecanismo iría incluido un chip que emitiría las señales a ser localizadas por los satélites de GALILEO.

El siguiente paso consistiría en regular la fabricación de armas de fuego para que incorporen el mecanismo propuesto en el párrafo anterior. Una vez en funcionamiento, existirían dos sistemas de funcionamiento principales:

- ***Transmisión de señales de posición de forma intermitente:*** Consiste en el envío de señales de forma intermitente para establecer la posición de un arma. Una vez localizada la posición, el sistema informático recibiría ese dato y otros como la hora y el número unívoco que identifica el arma. Con estos datos se analiza si el tipo de arma o de uso autorizado se encuentra en un lugar considerado extraño para proceder a lanzar una alerta si se considerase conveniente. De igual modo se tendrán localizadas aquellas armas robadas, si las armas que deben permanecer almacenadas son movidas de sitio, o si, durante un traslado de un cargamento, se producen desvíos inesperados de la ruta inicialmente prevista entre otros posibles usos.
- ***Transmisión de señales de posición al efectuar un disparo:*** La ubicación del localizador en el cañón del arma podría facilitar el diseño de un mecanismo que genere una señal cada vez que se usa un arma. En estos casos se procede de manera similar a la anterior y se permite guardar un registro de disparos que puede ser útil para investigaciones policiales o como pruebas en juicios.

Trabajos futuros

Sobre la base planteada en este documento se pueden abordar una nueva serie de trabajos que completen la base del mismo:

- ***Evolución de los sistemas GNSS:*** Durante los años siguientes a la publicación de este trabajo se va a proseguir con el desarrollo de los sistemas de localización por satélite. Una propuesta de PFC puede consistir en retomar el seguimiento de cómo avanza el proyecto GALILEO o las oportunidades y amenazas que supone para este proyecto la actualización prevista en unos diez años de GPS con el lanzamiento de satélites de nueva generación, que podrían restar las expectativas económicas del sistema GNSS europeo.
- ***Desarrollo de la tecnología de nanotubos de carbono:*** Las previsiones de que esta tecnología desplace a la actual en un futuro no muy lejano convierten esta área en un campo de estudio interesante debido a las enormes aplicaciones previstas.
- ***Actualización acerca de los datos del sistema propuesto:*** En un futuro se puede proceder a la actualización de este trabajo mediante el análisis de los cambios que se produzcan a nivel tecnológico, legislativo, político o económico que permitan evaluar si se avanza en aspectos clave que faciliten la posible implantación del sistema de localización de armas de fuego ligeras en el mundo real.
- ***Otras aplicaciones para GALILEO:*** Del mismo modo que este estudio comenzó a raíz de las ventajas que ofrecerá GALILEO con respecto a otros sistemas GNSS, otra alternativa consiste en investigar nuevas aplicaciones para las que se puede usar el sistema europeo de localización aprovechando el enorme potencial de esta tecnología. Un ejemplo muy interesante al que ya hemos hecho referencia podría ser la extensión a otro tipos de armas donde sería de más fácil implantación como en las minas, facilitando su localización y más fácil retirada al llegar el momento de hacerlo.

Presupuesto

La naturaleza teórica del proyecto convierte la labor de recopilación de información en la única fuente a considerar a la hora de realizar el cálculo de costes. Estimamos, por tanto, que todas las horas invertidas en el proyecto son valoradas al mismo precio.

La duración del proyecto ha sido aproximadamente de cuatro meses en jornadas de ocho horas, dedicando en total 100 días hábiles tras excluir fines de semana y festivos. Así pues, multiplicando este dato por las horas por jornada obtenemos 800 horas dedicadas en total.

El coste final es la suma de costes de empleados y de los costes operacionales. Los primeros son los relativos a personas que intervienen en el proyecto, siendo en este caso sólo una. En lo referente a costes operacionales consideramos que son aquellos costes directos resultantes de la realización del trabajo.

A continuación se desglosan los costes asignados al proyecto:

COSTES DE EMPLEO DE PERSONAL			
EMPLEADO	€/HORA	Nº HORAS	SUBTOTAL (€)
José Antonio Cuenca Espinosa	18	800	14.400
TOTAL			14.400

Tabla 8: Costes de empleo de personal

COSTES OPERACIONALES			
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNIDAD (€)	SUBTOTAL (€)
Paquete de folios	1	3	3
Cartucho tinta negro	2	19	38
Cartucho tinta color	3	24	72
Conexión a internet	1	150	150
Visita a biblioteca	4	10	40
TOTAL			303

Tabla 9: Costes operacionales

A modo de resumen, con los datos reflejados relativos a los costes, el presupuesto global del proyecto asciende a **14.703 €**.

Apéndice I. Siglas

A

ADM - Armas de Destrucción Masiva
AENA - Aeropuertos Españoles y Navegación Aérea
AEPC - Asociación de Escuelas de Policía Europeas
AOCS - Attitude and Orbital Control System
AOGC - Academia de Oficiales de la Guardia Civil
ARTEMIS - Advanced Relay TEchnology MISSION

B-

BOE - Boletín Oficial del Estado

C

CCTV - Circuito Cerrado de Televisión
CDTI - Centro para el Desarrollo Tecnológico Industrial
CE - Comisión Europea
CEPOL - College European de Police
CBRNE - Chemical Biological Radiological Nuclear Explosive
CIG - Comisión Interinstitucional de GALILEO
CIP - Comisión internacional permanente para la prueba de armas de fuego portátiles
COSPAS-SARSAT - Cosmicheskaya Sistyema Poiska Avariynich Sudov- Search And Rescue Satellite-Aided Tracking
COSPAR - Committee On Space Research
CS - Commercial Service
CSA - Canadian Space Agency
CVD - Chemical vapor deposition

D

DESATCOM - DEsarrollo de equipos avanzados para SATélites de COMunicaciones
DG TREN - Dirección General de Transportes y Energía de la Unión Europea.
DORIS - Doppler Orbitography and Radiopositioning Integrated by Satellite

E

EADS - European Aeronautic Defense and Space Company
EBIT - Earnings Before Interest and Taxes
EBITDA - Earnings Before Interest, Taxes, Depreciation, and Amortization
ECOWAS - Economic Community Of West African States
EGNOS - European Geostationary Navigation Overlay System
EOIG - EGNOS Operator and Infrastructure Group

ESA - European Space Agency
ESRO - European Space Research Organisation
ESTEC - European Space Research and Technology Centre
ETA - Euskadi Ta Askatasuna

F

FOC - Full Operational Capability
FRONTEX - Frontières extérieures
FP7 - 7th Framework Programme for Research and Development

G

GaIn - GALILEO Industries
GAEO - Grupo de Armamento de Europa Occidental
GCS - Ground Control Segment
GIOVE - GALILEO in-orbit Validation Element
GLONASS - Global Orbital Navigation Satellite System
GNC - Guidance, Navigation, and Control
GNSS - Global Navigation Satellite System
GOC - GALILEO Operating Company
GPS - Global Positioning System
GS - Galileo Services
GSS - GALILEO Sistemas y Servicios

H

HEO - Highly Elliptical Orbit

I

ICAO - International Civil Aviation Organization
INTA - Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial
ISAF - International Security Assistance Force
IOV - In-Orbit Validation
INMARSAT - International Maritime Satellite Organization
ISS - International Space Station
IRNSS - Indian Regional Navigational Satellite System
ITP - Industria de Turbopropulsores, S.A
ITU - International Telecommunication Union

J

JAI - Justice et Affaires Intérieures
JAXA - Japan Aerospace Exploration Agency
JIMDDU - Junta Interministerial de Material de Defensa y de Doble Uso

M

MCC - Mission Control Centre

MEO - Medium Earth Orbit

MIT - Massachusetts Institute of Technology

MSAS – Multi-functional Satellite Augmentation System

MWNT - Multi-Walled Nanotube

N

NAVSAT - Navy Navigation Satellite System.

NLES - Land Earth Stations

NORAD - North American Aerospace Defense Command

NPA - Non-Precision Approach

NSGU - Next Signal Generation Utility

O

OACI - Organización de Aviación Civil Internacional

OAEO - Organización de Armamento de Europa Occidental

OLAF - Office de Lutte Antifraude

OMI - Organización Marítima Internacional

OS - Open Service

OTAN - Organización del Tratado del Atlántico Norte

OSCE - Organization for Security and Co-Operation in Europe

OSS - Orbital Satellite Services

P

PoA - Program of Action

PRS - Public Regulated Service

Q

QZSS - Quasi-Zenith Satellite System

R

RAE - Real Academia de la lengua Española

RAL - Rutherford Appleton Laboratory

RFID - Radio Frequency IDentification

RIMS - Ranging and Integrity Monitoring Stations

S

SAR - Search and Rescue Service

SBAS - Satellite-based Augmentation System

SEPI - Sociedad Española de Participaciones Industriales

SIC - Standard Industrial Classification

SoL - Safety of Life

SSC - Swedish Space Corporation

SSTL - Surrey Satellite Technology Limited

T

TTA - Time To Alarm

TTC - Telecommunication Technology Committee

U

UMTS - Universal Mobile Telecommunications System

W

WAAS - Wide-Area Augmentation System

WRC - World Radiocommunication Conference

Referencias

Escritas

- ***Proyecto Fin de Carrera GALILEO, el futuro sistema global de navegación por satélite, y el desarrollo del m-Commerce*** por José Carlos Soto Gámez, 2006
- ***EGNOS, The European Geostationary Navigation Overlay System*** – A cornerstone of GALILEO, ESA, diciembre de 2006 .
- ***Atc magazine***, Revista Profesional de Control de Tránsito Aéreo, número 58, 2009.
- ***Atc magazine***, Revista Profesional de Control de Tránsito Aéreo, número 59, 2009.
- ***BOE*** núm. 52 Jueves 1 marzo 2007.
- ***GPS World magazine***, número 11, noviembre de 2009.
- ***Estatuto de Aeropuertos Españoles y Navegación Aérea***, 14 de junio de 1991.
- ***Cuadernos de Seguridad***, número 163, diciembre de 2002.
- ***Study on the Competitiveness of the EU security industry***, ECORYS Research & Consulting, 15 de noviembre de 2009.
- ***Monografías del CESEDEN***, número 56, Junio de 2002. Publicado por el Ministerio de Defensa de España. Primera Sesión, por Eduardo Zamarripa Martínez.
- ***Comunicación de la Comisión de las Comunidades Europeas relativa a las medidas para garantizar una mayor seguridad en el control de los explosivos, detonadores, material para la fabricación de bombas y armas de fuego***, Bruselas, 18 de julio de 2005.
- ***Comunicación de la Comisión al Consejo, al Parlamento Europeo, al Comité Económico y Social y al Comité de las Regiones*** - Hacia una política de la UE en materia de equipo de defensa, 2003.
- ***Nanotubos de carbono: estructura porosa y sus implicaciones en el campo de la energía***, Tesis Doctoral de Alejandro Ansón Casaos, Universidad de Zaragoza, 2005.
- ***Informe de Vigilancia Tecnológica - Nanotubos de Carbono: Aplicaciones***, publicado por la Oficina de Transferencia de Resultados de Investigación Subdirección General de Relaciones Institucionales y Política Comercial, por María Jesús Rivas Martínez, José Román Ganzer y María Luisa Cosme Huertas. Julio de 2007.

- ***Antenas fractales***, por el Dr. Daniel Mocencahua Mora y Jaime Oscar Tenorio Pearl, estudio amparado por la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Publicado el 22 de septiembre de 2002.
- ***Antenas fractales en sistemas celulares***, por Jeyson D. Polanco en el Centro de Investigaciones Y Desarrollo – Facultad De Ingeniería de la Universidad de Manizales, 1 de junio de 2002.

Online

- http://www.tsc.urjc.es/novedades/Conferencia_EGNOSyGalileo.pdf (noviembre 2009).
- <http://www.gpsworld.com/gpsworld/article/articleDetail.jsp?id=61244&sk=&date=&pageID=1> (noviembre 2009).
- http://www.construnario.com/NOTIWEB/titulares_resultado.asp?regi=21868 (noviembre 2009).
- http://www.universia.net.mx/index.php/news_user/content/view/full/33461/ (noviembre 2009).
- http://www.iconocast.com/NewsS1_Files/A6SX6/News3.htm (noviembre 2009).
- <http://www.20minutos.es/noticia/76865/0/giove/satelite/galileo/> (noviembre 2009).
- http://www.madrimasd.org/cienciaysociedad/ateneo/dossier/galileo/teleddes/siguiente_generacion.htm (noviembre 2009).
- <http://www.xataka.com/2005/12/27-galileo-el-gps-europeo-todo-lo-que-necesitas-saber> (noviembre 2009)
- http://www.galileoic.org/la/files/GALILEO_Introduction.pdf (noviembre 2009)
- <http://www.fcrl.es/images/galileo/p1.pdf> (febrero 2009).
- <http://ec.europa.eu/> → Página Web de la Comisión Europea (diciembre 2009).
- <http://galileo.com.es/> (diciembre 2009).
- http://www.elpais.com/articulo/internacional/sistema/navegacion/europeo/satelite/Galileo/GPS/EE/UU/seran/compatibles/elpepiint/20040627elpepiint_6/Tes/ → Artículo del diario El País acerca de la firma del acuerdo para permitir la compatibilidad entre GPS y GALILEO (diciembre 2009).
- <http://www.galileoic.org/la/files/Arquitectura%20Galileo.pdf> → (diciembre 2009).

- http://www.aena.es/csee/Satellite?Language=ES_ES&idDocumento=1052297307733&idflash=1177667804234&pagename=Utiles%2FShowFlash → (diciembre 2009).
- http://www.aena.es/csee/Satellite?cid=1043671862839&pagename=subHome&Language=ES_ES&SMO=6&SiteName=NavegacionAerea&p=1047658426285&Section=5&c=GNSS_FA&MO=2 → (diciembre 2009).
- http://www.aena.es/csee/Satellite?Language=ES_ES&idDocumento=1052297307718&idflash=1177667804193&pagename=Utiles%2FShowFlash → (diciembre 2009).
- <http://es.wikipedia.org/wiki/Beidou> (diciembre 2009).
- http://es.wikipedia.org/wiki/Organizaci%C3%B3n_de_Aviaci%C3%B3n_Civil_Internacional (diciembre 2009).
- http://www.castor2.ca/03_Astronomy/03_TLE/NORAD_ID.html → Definición de NORAD. (diciembre 2009).
- http://www.smallarmssurvey.org/files/sas/publications/year_b_pdf/2006/2006SAS_press%20release_yb_sp.pdf → Small Arms Survey 2006: Estudio acerca del número y uso de armas de fuego a nivel mundial (diciembre 2009)
- <http://patentados.com/invento/mecanismo-disparador-para-armas-de-fuego-portatiles-y-automaticas.html> → Web de patentes con la descripción del mecanismo de funcionamiento de un arma de fuego automática y semiautomática. (diciembre 2009)
- <http://www.galileoic.org/la/?q=node/191>(diciembre 2009).
- <http://acronyms.thefreedictionary.com/> → Diccionario de acrónimos. (Consultado durante toda la duración del proyecto).
- <http://www.amnestyusa.org/trafico-de-armas-y-entrenamiento-militar/armas-bajo-control/la-industria-armamentista/page.do?id=1021042> → Web de Amnistía Internacional (diciembre 2009).
- http://www.revistasice.com/cmsrevistasICE/pdfs/BICE_2829_100__AFEBF8D0D61BB62EE350B52F1369C23A.pdf → Revistasice, listado de países embargados por la ONU (diciembre 2009).
- http://www.sindominio.net/afe/dos_armas/control_armas.pdf (diciembre 2009).
- http://es.wikipedia.org/wiki/Beno%C3%A9t_Mandelbrot → Información relativa al matemático Benoît Mandelbrot (diciembre 2009).
- <http://es.wikipedia.org/wiki/Fractal> → Definición de fractal (diciembre 2009).

- <http://www.vtip.org> → Página web del Virginia Tech Intellectual Properties (diciembre 2009).
- http://www.un.org/events/smallarms2005/bms_faq_s.pdf → Segunda Reunión Bienal de los Estados (enero 2010).
- http://es.wikipedia.org/wiki/Armas_ligeras → Definición de armas de fuego ligeras (enero 2010).
- <http://www.osce.org/es/> → Página web oficial de la OSCE (enero 2010).
- http://es.wikipedia.org/wiki/Sistema_global_de_navegación_por_satélite → Definición de GNSS (enero 2010).
- <http://www.fcrl.es/images/galileo/p1.pdf> (enero 2010).
- [http://es.wikipedia.org/wiki/Excentricidad_\(ciencias_exactas\)](http://es.wikipedia.org/wiki/Excentricidad_(ciencias_exactas)) → Definición de - excentricidad (enero 2010).
- <http://www.cdti.es/index.asp> → Página web de la CDTI (enero 2010).
- <http://es.wikipedia.org/wiki/EBITDA> → Definición de EBITDA (enero 2010).
- <http://www.sener-aerospace.com/AEROESPACIAL/espacio.html> → Información relativa a la actividad aeroespacial de Sener (enero 2010).
- <http://www.sener.es/acerca-sener.html> → Información corporativa de Sener (enero 2010).
- <http://www.sepi.es/> → Página web oficial de SEPI (enero 2010).
- http://www.telemadrid.es/actualidad/noticia.pag?codigo=229086&titular=una_empresa_madrilena_gana_por_primera_vez_el_premio_galileo_masters → Información acerca del concurso Galileo Masters (enero 2010).
- www.dinero.com → Datos relativos a la fabricación de nanotubos de carbono en Alemania (enero 2010).
- <http://www.eurojust.europa.eu/> → Página web oficial de Eurojust (enero 2010).
- <http://www.esa.int/esaNA/galileo.html> → Página web de la Agencia Europea Espacial dedicada al Proyecto GALILEO (enero 2010).
- http://www.hispasat.com/media/NotasDePrensa/ES/237_GALILEOIndustries.pdf → Página web de Hispasat (enero 2010).

- <http://www.xataka.com/2005/12/27-galileo-el-gps-europeo-todo-lo-que-necesitas-saber> (enero 2010).
- <http://www.20minutos.es/noticia/469823/0/gps/fallos/2010/> → Noticia relativa a los fallos previstos en GPS para 2010 (febrero 2010).
- <http://www.spacenews.com/policy/european-commission-trim-initial-order-galileo-satellites.html> → Noticia relativa al número de satélites que está previsto sean encargados para su construcción al consorcio Astrium Satellites-OHB System (febrero 2010).
- http://www.gpsworld.com/wireless/infrastructure/a-single-chip-gps-receiver-3732?page_id=3 → Información sobre los chips receptores de señales GPS y GALILEO disponibles en la actualidad (febrero 2010).
- http://www.wired.com/wired/archive/10.08/airwar.html?pg=2&topic=&topic_set= → Información concerniente a la renovación de satélites GPS en un período de diez años aproximadamente (febrero 2010).
- <http://www.20minutos.es/noticia/165300/0/eta/robo/pistolas/> → Noticia relativa al robo de armas en un almacén en 2006 (febrero 2010).
- http://www.elpais.com/articulo/espana/autores/robo/353/pistolas/buscaban/armas/elpep/20030601elpepinac_3/Tes/ → Noticia relativa al robo de armas durante su traslado en 2003 (febrero 2010).
- www.media.rice.edu → Información relativa a las características físicas de los compuestos formados por carbono (febrero 2010).
- <http://www.technologyreview.com> → Artículo referente a los últimos avances en la formación de circuitos integrados mediante nanotubos de carbono. (febrero 2010)
Título: Circuitos integrados complejos hechos de nanotubos de carbono
Autora: Katherine Bourzac
Fecha de publicación: Jueves, 17 de diciembre de 2009.
- <http://www.microsiervos.com> → Datos acerca de las baterías betavoltáicas. (febrero 2010).
- <http://es.wikipedia.org/wiki/Fullereno> → Información acerca de los fullerenos. (febrero 2010).
- <http://www.vt.edu> → Página web del Instituto Tecnológico de Virginia (febrero 2010).
- <http://es.wikipedia.org/wiki/EGNOS> (febrero 2010).
- <http://es.wikipedia.org/wiki/INMARSAT> (febrero 2010).

- http://www.gmv.com/company/communication/press_releases/29_febrero_05.pdf → Nota de prensa del grupo GMV acerca de su condición de Contratista en GALILEO (febrero 2010).
- <http://es.wikipedia.org/wiki/Fiabilidad> → Definición de fiabilidad referida al comportamiento de un sistema (febrero 2010).